COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 19 DÉCEMBRE 1887.

PRÉSIDENCE DE M. JANSSEN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** transmet une ampliation du Décret par lequel M. le Président de la République approuve l'élection que l'Académie a faite de M. *Dehérain*, pour remplir, dans la Section d'Économie rurale, la place devenue vacante par suite du décès de M. *Boussingault*.

Il est donné lecture de ce Décret.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les épreuves répétées*; par M. J. **Bertrand**.

« Jacques Bernoulli a supposé, dans l'énoncé de son théorème, les probabilités invariables pendant la durée des épreuves.

» La probabilité d'un événement étant p, et q désignant celle de l'événement contraire, le résultat le plus probable d'une série de μ épreuves est que l'événement arrive par μp fois, et la probabilité pour que l'écart entre le nombre amené par le hasard et le nombre le plus probable soit égal à h peut être représentée, lorsque μ est grand, par

$$(1)\qquad \frac{1}{\sqrt{2\mu\pi pq}}\, e^{-\frac{h^2}{2\mu pq}}.$$

» La généralisation proposée par Poisson sous le nom de *loi des grands nombres* manque non seulement de rigueur, mais de précision. Les conditions supposées dans l'énoncé échappent par le vague à toute appréciation mathématique.

» On peut, dans un cas simple et digne d'intérêt, appliquer le théorème de Bernoulli, malgré la variation des chances pendant les épreuves.

» Supposons une urne contenant un grand nombre λ de boules blanches et noires : la probabilité d'en extraire une boule blanche est p, celle d'extraire une boule noire est q.

» On fait μ tirages sans jamais remettre dans l'urne les boules qui en sont sorties. Si λ et μ sont de grands nombres, il est très probable que le rapport du nombre des boules blanches à celui des boules noires différera peu de $\frac{p}{q}$. En ne remettant pas les boules dans l'urne on change à chaque épreuve la probabilité de choisir une boule blanche, mais ce changement est en quelque sorte un régulateur de la proportion normale prévue par le théorème de Bernoulli ; quand l'une des couleurs, en effet, est arrivée dans une proportion inférieure à ce rapport normal, la probabilité pour elle augmente, et les épreuves suivantes ont plus de chance de diminuer l'irrégularité.

» On peut préciser cette indication.

» La simplicité du résultat est digne d'attention : μ désignant le nombre des boules extraites, λ celui des boules contenues dans l'urne, λp celui des boules blanches et λq celui des noires au commencement du tirage, la probabilité pour que le nombre des boules blanches soit $\mu p + h$ est

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\mu pq}}\sqrt{\frac{\lambda}{\lambda-\mu}}\, e^{-\frac{h^2}{2pq\mu}\frac{\lambda}{\lambda-\mu}};$$

c'est précisément la formule (1), dans laquelle μ est remplacé par

$$\mu\frac{\lambda-\mu}{\lambda}.$$

» Si l'on tire la moitié des boules contenues dans l'urne, la probabilité d'un écart donné entre le nombre des boules blanches et le nombre le plus probable est la même que si, remettant les boules après chaque tirage, on en avait extrait le quart seulement; si, une urne contenant 10000 boules, on en extrait 9000 sans les remettre dans l'urne, la probabilité d'un écart donné entre le nombre des boules blanches amenées par le hasard et le nombre le plus probable est la même que si l'on avait tiré 900 boules seulement, en les remettant dans l'urne après chaque tirage.

» On peut s'étonner qu'un résultat aussi simple ne puisse pas être rendu évident sans calcul. La raison en est simple : ce théorème n'est pas rigoureusement exact, il suppose que λ et μ soient de grands nombres, et cette condition nécessaire serait difficilement introduite dans une démonstration intuitive. »

GÉOMÉTRIE. — *Génération des surfaces algébriques, d'ordre quelconque;* par M. de Jonquières.

« I. On sait depuis longtemps ([1]) que, si deux faisceaux de surfaces, de degrés n, n', sont projectifs, ou homographiques, leurs surfaces *correspondantes* se coupent, deux à deux, suivant des courbes gauches, d'ordre nn', dont la succession continue engendre une surface de degré $m = n + n'$. Mais, à part le cas des surfaces *réglées* du second ordre, où la solution se présente immédiatement ([2]), on n'a point encore, que je sache, abordé le problème de la génération, par deux tels faisceaux, d'une surface générale S_m, de degré m, *lorsque celle-ci est assujettie à passer par*

$$D_m = \tfrac{1}{6}(m+1)(m+2)(m+3) - 1$$

([1]) Grassmann (*Journal de Crelle*, t. 42, p. 202; 1851). *Voir* aussi, pour la définition précise de deux faisceaux anharmoniques de surfaces, une *Note* de Chasles insérée au Tome XLV des *Comptes rendus*, sous le titre : *Deux théorèmes généraux*, etc. (séance du 28 décembre 1857). La définition dont il s'agit est donnée dans un *nota* relatif au deuxième alinéa de la Note.

([2]) Pour ces surfaces réglées du second ordre, la solution est évidente et immédiate, *parce qu'on n'a besoin d'introduire aucun point inconnu dans les bases* des faisceaux générateurs, qui sont les faisceaux de plans, attendu que chaque base se compose alors de trois points pris sur chacune des deux génératrices données, afin d'exprimer que ces génératrices sont rectilignes et contenues tout entières sur la surface.

points SIMPLES *donnés, qui la déterminent complètement*. C'est ce problème général dont je vais donner ici la solution, après être convenu de quelques notations abréviatives.

» Je désignerai par :

B_m l'ensemble des points simples nécessaires et suffisants pour déterminer la *base* d'un faisceau de surfaces d'ordre m, ou, ce qui revient au même, qui déterminent la courbe gauche, d'ordre m^2, commune à toutes les surfaces du faisceau. On a donc

$$B_m = \tfrac{1}{6}(m+1)(m+2)(m+3) - 2 \quad (^1);$$

T_m l'ensemble des points simples *donnés* qui devront entrer dans les deux bases;

X l'ensemble des points simples *inconnus* qui y seront admis, pour les compléter.

» Il est, en effet, nécessaire d'avoir recours (comme je l'avais fait pour les courbes) à des points inconnus; en d'autres termes, il n'est permis d'admettre dans les bases des faisceaux générateurs qu'un certain nombre des points donnés (qu'on peut d'ailleurs choisir arbitrairement parmi eux et répartir à volonté entre les deux bases), et il faut y introduire d'autres points, appartenant comme ceux-là à la surface S_m, mais encore inconnus, que les autres données de la question serviront à déterminer, en ayant égard à ce qu'ici, dans l'espace, chacun d'eux exige pour sa détermination l'emploi de *trois* points donnés. Quant à la correspondance projective des deux faisceaux, elle en réclame trois, comme pour les courbes planes, ce qui porte à $3X + 3$ le nombre des points donnés qui, après que les bases ont

---

(1) Ce nombre B_m peut être *exceptionnellement* accru si, parmi les données de la surface S_p qu'on veut engendrer par deux faisceaux dont l'un soit d'ordre m, il se trouve une ligne, droite ou courbe, qu'on sache lui appartenir et qu'on veuille faire servir de base à ce faisceau (m). Le *nota* (1) qui précède offre un double exemple de cette circonstance.

La base d'un faisceau de surfaces de degré m est une courbe gauche de degré m^2, déterminée par $\frac{(m+1)(m+2)(m+3)}{6} - 2$ points, qui sont, par conséquent, *seuls nécessaires* pour sa détermination, les autres points de la courbe gauche étant dépendants de ceux-là.

été constituées, doivent rester disponibles pour obtenir simultanément ces deux déterminations [1].

» II. Cela posé, il y a deux cas à considérer, selon que :

» 1° m est multiple de 4, augmenté de 1, 2 ou 3;

» 2° m est multiple de 4.

» La génération des surfaces de ces deux catégories est régie respectivement par les deux théorèmes suivants :

» Théorème I. — *Toute surface algébrique* S_m, *de degré* m ($m \equiv 1$, 2 ou 3, mod. 4), *déterminée par* D_m *points simples donnés, peut être engendrée par deux faisceaux projectifs* S_n, $S_{n'}$ *de degrés* n, n', *dont la somme* $n + n'$ *soit égale à* m, *mais sous les restrictions suivantes :* qu'ils ne soient, *ni l'un ni l'autre, multiples de* 4, *ni de même forme que* m *par rapport à* 4, et sous la réserve que le plus grand n de ces nombres satisfasse à une condition qui sera indiquée ci-après.

» Sous ces conditions, *on composera les bases des deux faisceaux en y introduisant :*

» 1° $B_n + B'_{n'} - X$ *points pris arbitrairement parmi les points donnés;*

» 2° X *points inconnus, dont le nombre total est donné par la formule*

$$X = \frac{D_m - (B_n + B_{n'} + 3)}{2}.$$

» *Démonstration.* — On a

$$D_m = \frac{m}{6}(m^2 + 6m + 11);$$

puis, à cause de $n' = m - n$,

$$B_n = \frac{n}{6}(n^2 + 6n + 11) - 1$$

et

$$B_{n'} = \frac{m-n}{6}[(m-n)^2 + 6(m-n) + 11] - 1.$$

---

[1] *Voir* au sujet de la détermination des points X mon *Essai sur la génération des courbes géométriques,* page 13. Le même principe et la même démonstration s'appliquent ici avec toutes leurs conséquences.

» On en déduit successivement

$$B_n + B_{n'} = D_m - \tfrac{1}{2}[mn(m-n+4) - 4n^2 + 4),$$

$$\text{(A)} \qquad X = \frac{mn(m-n+4) - 4n^2 - 2}{4} \quad (^1),$$

$$\text{(C)} \qquad T_m = B_n + B_{n'} - X = D_m - \tfrac{1}{4}[3mn(m-n+4) - 12n^2 + 6].$$

» Cette dernière formule montre que la solution n'est possible que si

$$D_m \geqq \tfrac{1}{4}[3mn(m-n+4) - 12n^2 + 6].$$

Donc, si n est le plus grand des deux nombres n et $m-n$, il faut qu'on ait

$$\text{(E)} \qquad n \geqq \frac{3m + \sqrt{m^2 - 16m - 24 + \dfrac{168}{m+4}}}{6},$$

condition que la formule n'impose d'ailleurs que pour $m \geqq 18$, car toute valeur de n convient pour la solution lorsque $m < 18$.

» La formule (E) exprime la troisième restriction mentionnée à la fin de l'énoncé du théorème I, mais qui ne pouvait y être formulée sans explications préalables. Il n'existe pas de limitation de cette nature dans la génération des courbes planes, parce qu'on y a toujours

$$B_m + B_{m-n} > n(m-n) - 1.$$

Ainsi, tandis qu'une courbe d'ordre m peut *toujours* être engendrée par deux faisceaux projectifs dont la somme des degrés soit égale à m, sans aucune exception, une surface S_m, *déterminée* par des points simples, *peut l'être aussi toujours,* mais seulement par les valeurs de n et n' soumises aux restrictions et limitations précédentes, dont en particulier la dernière exprime une propriété aussi curieuse qu'imprévue.

» Des relations qui précèdent il s'ensuit que, les bases des faisceaux

---

(1) Cette formule correspond, dans la théorie des surfaces, à celle que j'ai donnée dans la théorie des courbes planes, savoir :

$$X = nn' - 1,$$

qu'on peut écrire

$$X = mn - n^2 - 1,$$

si, comme on le suppose ici, $n' = m - n$.

ayant été constituées comme il vient d'être expliqué, le nombre T_m des points donnés qui restent encore disponibles est égal à

$$T_m = \frac{1}{4}[3mn(m - n + 4) - 12n^2 + 6]$$
$$= 3 + 3\frac{mn(m - n + 4) - 4n^2 - 2}{4} = 3 + 3X,$$

et les conditions requises sont satisfaites. Toutefois il reste à montrer que, grâce aux conditions imposées aux nombres n et n', la formule (A) donne pour X un nombre *entier*. En effet, on voit, à la seule inspection de cette formule, que ni m, ni n, ni n', ne peuvent être multiples de 4, pour que X soit entier. Pareillement, ni n, ni n' ne peuvent avoir la même *forme* que m par rapport au nombre 4; car, si l'un d'eux était dans ce cas, l'autre $(m - n)$ serait multiple de 4, ce qu'on vient de voir être impossible. D'ailleurs n et n' peuvent avoir tous deux la même forme par rapport à 4.

» Par exemple, une surface du trentième degré ne peut, à cause des diverses conditions qui viennent d'être exprimées, être engendrée que par l'un ou l'autre des systèmes de faisceaux (19, 11), (21, 9), (23, 7), (25, 5), (27, 3), (29, 1), à l'exclusion de (15, 15) et (17, 13), parce que 15 et 17 sont moindres que la limite inférieure de n donnée par la formule (E) (qui est ici 18, 4), et à l'exclusion de tous les autres systèmes, dans lesquels l'un des deux nombres n, $m - n$, est un multiple de 4, tels que (20, 10), (22, 8), (24, 6), ... [1].

---

[1] Pour donner une application, supposons qu'on prenne le système (19, 11), c'est-à-dire $n = 19$, $n' = 11$. On a

$$D_{30} = 5455;$$

j'appellerai (α) les points simples empruntés à ces 5455 points donnés pour être introduits dans les bases.

$$B_{19} = 2022, \quad B_{11} = 218, \quad B + B' = 2240, \quad X = \frac{30.9.25 - 4.9^2 - 2}{4} = 1606.$$

$B + B'$ étant $> X$, le système (19, 11) peut donc être employé, et l'on a

$$S_{30} = \begin{cases} B_{21} = [416(\alpha) + 1606(x)] = 2022 \\ B_9 = [218(\alpha') \qquad\qquad = 218 \end{cases},$$

puis

$$5455 - (416 + 218) = 4821 = 3 + 3,1606,$$

et toutes les conditions exigées se trouvent satisfaites.

» La génération des surfaces de la seconde catégorie est régie par cet autre théorème :

» III. Théorème II. — *Toute surface algébrique* S_m, *de degré* m (m multiple de 4), *déterminée par* D_m *points simples donnés, peut être engendrée par deux faisceaux projectifs, de degrés* n, n', *dont la somme* $n + n'$ *soit* (pour se borner aux moindres nombres possibles) *égale à* $m + 1$, *et d'ailleurs sous les réserves ci-dessus, quant aux valeurs et aux formes de* n *et de* n'.

» En conséquence, on adjoindra à la surface cherchée S_m un *plan arbitraire;* en d'autres termes, on se proposera d'engendrer une surface $S_{m+1} = (S_m + S_1)$, dont ce plan forme, à lui seul, une nappe isolée, et qui satisfera à la condition de passer par les D_m points donnés en même temps que par un nombre de points du plan suffisants et tellement choisis que la décomposition préméditée de S_{m+1} en deux autres surfaces S_m et S_1 soit assurée d'avance. Pour obtenir ce résultat, il faut que le plan adjoint ait en commun avec S_{m+1} *un point de plus* qu'il n'est nécessaire pour déterminer une courbe plane de degré $m + 1$, et que ce point en excédent soit pris *hors de la courbe.* Le nombre des points auxiliaires à prendre arbitrairement dans le plan est donc $\frac{1}{2}(m + 1)(m + 4) + 1$, avec la condition que l'un d'eux ne soit pas situé sur la courbe plane C_{m+1} que les autres déterminent.

» Le degré de la surface à engendrer, étant de la sorte devenu égal à $m + 1$, n'est plus un multiple de 4, et le problème est ramené au précédent, car le nombre total des points donnés, savoir

$$D_m + \tfrac{1}{2}(m + 1)(m + 4) + 1,$$

est précisément égal à D_{m+1}, comme on s'en assure par un calcul facile. Les autres restrictions du théorème I subsistent d'ailleurs, quant au choix des systèmes (n, n') dont l'emploi est permis, $n + n'$ étant, dans ce cas, égal à $m + 1$.

» Par exemple, il est impossible d'engendrer une surface du huitième ordre à l'aide de deux faisceaux projectifs de degrés n, n' dont la somme $n + n' = 8$. Mais, en adjoignant aux 164 points donnés pour la détermination de S_8 55 points pris à volonté dans un plan quelconque, on obtient en totalité 219 points qui déterminent une surface du neuvième ordre, et celle-ci se décomposera en un plan et en la surface du huitième ordre demandée, si l'un quelconque des 55 points auxiliaires est pris en dehors de

la courbe plane du neuvième degré que les 54 autres déterminent. Cette surface S_{8+1} pourra d'ailleurs être engendrée par l'un quelconque des deux systèmes de faisceaux (6, 3) ou (7, 2), mais non par le système (5, 4).

» IV. Cette théorie fournit un nouvel exemple du rôle intime et essentiel que les propriétés des nombres jouent dans plusieurs questions de Géométrie générale, et notamment dans celles qui touchent à la génération des surfaces et des courbes, ainsi qu'au nombre des points doubles et multiples dont celles-ci peuvent être douées. Je me propose d'en faire connaître prochainement d'autres applications à des questions, entièrement neuves, concernant les surfaces algébriques, auxquelles les résultats obtenus dans la présente Communication serviront d'acheminement naturel, notamment à la suivante : « Quel est le nombre maximum de points doubles, » proprement dits, qu'il soit permis d'attribuer *arbitrairement* à une sur- » face algébrique de degré *m*, dont d'autres points simples donnés com- » plètent la détermination ? » Je dois aujourd'hui me borner à annoncer ces résultats, comme découlant de la méthode dont j'ai fait usage ici. »

CHRONOMÉTRIE. — *Réponse à une Note de M. Wolf, intitulée : « Comparaison des divers systèmes de synchronisation des horloges astronomiques »*; par M. A. Cornu.

« Je crois avoir établi par la théorie et vérifié par l'expérience (*Comptes rendus*, t. CIV, p. 1463 et 1656) que la *condition essentielle* de la synchronisation d'un appareil oscillant est l'existence d'un amortissement convenable. A la dernière séance, notre Confrère M. Wolf (p. 1155) a affirmé, au contraire, que, dans un système de synchronisation « correct », l'amortissement est inutile et même rédhibitoire : pour toute preuve, il se contente de dire que l'amortissement peut entraîner l'arrêt des horloges. Cet accident est, à ses yeux, tellement grave dans le service d'un observatoire ou d'une ville, qu'il n'hésite pas à le qualifier de « désastre ». Aussi, sans examiner si ce danger est réel et s'il n'est pas, au besoin, facile à conjurer ([1]), M. Wolf repousse-t-il le système que je propose, le déclarant,

([1]) Il suffirait, par exemple, de faire fermer le circuit de l'amortisseur par le courant synchronisant : on pourrait employer d'autres moyens, en particulier ceux qui sont fondés sur le réglage de l'amortissement; je les décrirai à l'occasion.

A ce propos, je proteste formellement contre l'assimilation de l'amortisseur électro-

comme tout appareil contenant un amortisseur, incapable d'assurer un service régulier, et bon tout au plus « dans un laboratoire ou pour une expé- » rience incessamment surveillée ».

» Le système sans amortissement, au contraire, particulièrement celui qu'il a fait installer à l'Observatoire et à la Ville de Paris, lui paraît seul posséder « cette correction théorique » nécessaire, grâce à toutes les précautions, poussées jusqu'à l'« excès de scrupule », qui assurent la perfection du fonctionnement.

» Il me semble que les faits répondent bien mal à ces affirmations.

» Le système avec amortisseur décrit page 1106, qui ne conviendrait, suivant M. Wolf, qu'à des expériences de laboratoire, a parfaitement réussi à 40^{km} de distance ; en outre, il fonctionne en service régulier depuis deux ans dans un grand atelier de construction ([1]) sans interruption aucune : la surveillance a consisté à remettre tous les deux mois un peu d'eau et de sulfate de cuivre dans les piles et à remplacer les zincs lorsqu'ils étaient usés.

» Par contre, le système « seul correct, celui qui tend à maintenir l'am- » plitude de l'oscillation dans ses limites normales », celui où l'on a « voulu » éviter jusqu'aux moindres chances d'amortissement », ce système présente, M. Wolf le sait mieux que moi, de fréquentes anomalies, je n'ose pas dire des « désastres ».

» A chaque accident, on trouve, je n'en doute pas, une explication plausible : c'est le plus souvent la faute de l'électricité ; j'en conviens volontiers et je suis le premier à demander qu'on mette hors de cause les anomalies provenant des conditions que j'ai appelées *télégraphiques* pour les distinguer des conditions propres à l'appareil.

» Mais ici le mal est plus profond : la théorie, d'accord avec les faits, montre que ces anomalies sont dues à deux « vices capitaux » du système, à savoir :

» 1° La faiblesse de l'amortissement du balancier ;

---

magnétique avec les ressorts ou buttoirs plus ou moins grossiers désignés aussi sous le nom d'*amortisseurs* dans la Note de M. Wolf.

([1]) M. Borrel a synchronisé dans le même circuit trois balanciers pesant respectivement 250^{gr}, 1^{kg} et 40^{kg} : le premier actionne un compteur à secondes ; le second est le balancier du régulateur à secondes de l'atelier de petite horlogerie ; le troisième, celui de l'horloge de l'enseigne (rue des Petits-Champs, 47). Les trois appareils ont été mis en service le 30 janvier 1886 et n'ont présenté, depuis, aucun trouble dans leur marche : les amortisseurs sont de simples tubes de cuivre rouge épais.

» 2° L'invariabilité imposée inutilement à l'amplitude.

» Ce sont justement les deux conditions qu'on a cherché à réaliser avec le plus de rigueur : heureusement pour le système, on n'y est pas complètement parvenu, et c'est pour cela que l'appareil fonctionne entre certaines limites ; car, si l'on pouvait atteindre rigoureusement l'amortissement nul et l'amplitude invariable, la synchronisation deviendrait impossible ([1]). Il serait donc difficile de trouver un appareil où les conditions de « correction théorique » fussent plus complètement méconnues.

» En présence de ces résultats théoriques et pratiques, je me crois autorisé à maintenir que l'amortissement est la condition essentielle de la synchronisation et que les dispositifs fondés sur l'emploi d'amortisseurs, loin d'être rédhibitoires, remplissent seuls les conditions de stabilité exigées pour tous les services, depuis les plus délicats jusqu'aux plus rustiques. »

Réponse de M. C. Wolf *à la Note de M.* A. Cornu.

« La théorie de la synchronisation des pendules a été établie, il y a plus de quatre ans, en Angleterre, par M. Everett et par lord Rayleigh. Je n'avais donc pas à la faire. Mais je puis faire remarquer que la formule de stabilité du réglage énoncée par le premier de ces deux savants est iden-

---

([1]) En effet, l'équation (13) (p. 1109 et tome CIV, p. 1661)

$$\mathfrak{A} = \frac{u}{\sqrt{\alpha^2\Theta^2 + 4\pi^2\left(\frac{\Theta - T}{T}\right)^2}}$$

établit, pour le *régime stable*, une relation nécessaire entre l'amplitude $\mathfrak{A}$, la différence des périodes $\Theta - T$ et la force synchronisante u. Cette relation détermine la condition de réglage, c'est-à-dire la valeur de la force qui permet de synchroniser les deux horloges dont la différence de période est donnée en conservant au balancier synchronisé l'amplitude invariable qui lui est imposée. Pour que ce réglage se maintienne, il faut que u et $\Theta - T$, qui sont absolument indépendants, soient eux-mêmes invariables, ce qui est pratiquement impossible : la force synchronisante suit les variations incessantes du courant; la différence des périodes suit les variations inévitables des deux horloges.

On voit le rôle du coefficient d'amortissement α : si ce coefficient est notable, l'influence de la variation de $\Theta - T$ est négligeable ; s'il est nul ou très petit, cette influence est maximum : c'est ce qui explique les accidents qui arrivent, avec le système sans amortissement, lors de la remise à l'heure.

tique à celle que j'ai posée dans la dernière séance : les maxima de la force extérieure (force synchronisatrice) doivent coïncider avec les maxima du déplacement du pendule. Sous cette condition, la théorie du réglage s'établit sans intervention d'un amortisseur spécial; et c'est parce que le système particulier adopté par M. Cornu n'en tient pas compte qu'il a fallu le compliquer de la bobine d'amortissement. Ce n'est donc pas non plus par un heureux hasard que les systèmes de synchronisation adoptés fonctionnent régulièrement à Greenwich depuis vingt-sept ans, à Paris depuis dix-sept ans. La correction de ces systèmes est démontrée par la théorie.

» M. Cornu s'étonne que j'aie apporté tant de soins à conserver à l'amplitude de l'oscillation sa valeur normale : les horlogers s'étonneront bien plus, et à meilleur droit, qu'on introduise dans leurs horloges un appareil capable de changer cette amplitude.

» Mais les appareils de l'Observatoire sont sujets à de fréquentes défaillances. Si M. Cornu veut bien s'informer auprès des astronomes, il saura que jamais la synchronisation des horloges n'a été en défaut : j'ai vu toutes les pendules marquer la même seconde pendant des années entières. Ce qui m'a souvent occasionné des ennuis, ce sont les parleurs chargés de battre la seconde, parleurs complètement étrangers à la synchronisation. J'avais employé des appareils télégraphiques construits pour un but tout différent; je les remplace peu à peu par des appareils spéciaux. J'en puis dire autant pour le service de la Ville, bien que je doive décliner toute responsabilité quant à son établissement; ici encore, j'en ai les preuves, ce n'est pas la synchronisation des balanciers qui a jamais fait défaut.

» Reste toujours l'objection capitale que j'ai faite à l'emploi d'un amortisseur : il doit, en cas de rupture accidentelle du courant régulateur, arrêter toutes les horloges. Je vois que M. Cornu s'en préoccupe, et je souhaite vivement qu'il puisse réaliser sa promesse de rendre son amortisseur inoffensif. Mais je crains bien que la complication qui résultera de l'introduction d'un appareil de sûreté et les frais qu'elle entraînera ne compensent et au delà les avantages attribués à l'amortisseur lui-même. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la cause de la déviation des flèches du vent dans les cyclones;* par M. H. Faye.

« On a vu, par mes deux précédentes Notes (28 novembre et 5 décembre), que cette déviation tient essentiellement à la résistance du sol et ne répond

pas du tout à l'hypothèse des cyclones ascendants. Il reste à en indiquer la cause : c'est ce que je vais tâcher de faire dans les lignes suivantes, pour répondre à l'invitation d'un savant officier de la Marine de l'État qui a cherché de son côté cette explication.

» Voici les caractères principaux de cette déviation, tels qu'ils résultent de nombreuses mesures prises par M. Clément Ley sur les cartes synoptiques :

» 1° Cet angle, qui n'a été constaté qu'au contact du sol, croît avec la résistance du sol liquide ou solide.

» 2° Il est plus marqué pour les vitesses faibles que pour les vitesses considérables.

» 3° Il diminue avec la distance au centre du cyclone et s'annule, par exemple, près du *calme central*.

» 4° Il est lié au mouvement de translation du cyclone, car il atteint son maximum à l'avant et son minimum à l'arrière.

» 5° Il n'y en a pas trace dans les trombes et les tornados [1].

» Quelle différence de structure y a-t-il donc entre les cyclones et les tornados? Les uns et les autres sont des mouvements giratoires à axe vertical, nés de la même manière dans les courants supérieurs coulant à des étages différents; mais le diamètre des trombes ou des tornados, même à leur embouchure, est petit en comparaison de leur hauteur, tandis que le contraire a lieu pour les cyclones.

» Les cyclones sont des girations descendantes interrompues par l'obstacle du sol dans leur partie la plus décidément tronconique. Ils ne trouvent pas au-dessous d'eux une couche atmosphérique assez profonde pour y dessiner le long tube presque cylindrique qui, dans les trombes, fait suite à une large embouchure semblable à celle d'un entonnoir. Le dessin suivant montre cette différence de structure.

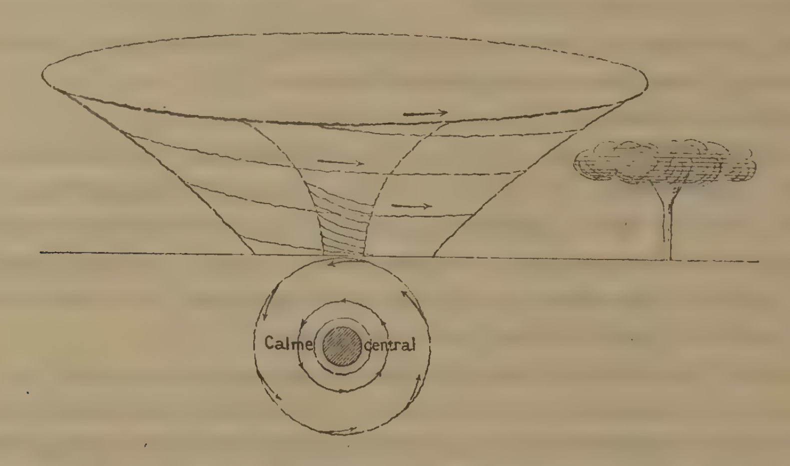
» On voit que les spires descendantes d'un cyclone vont en se rétrécissant rapidement sous l'influence de la pression du milieu dans lequel elles pénètrent de force. La réaction du milieu ambiant sur le tourbillon se borne donc, tant que les spires conservent leur giration et développent une force centrifuge insuffisante, à en diminuer progressivement le diamètre. Mais, au contact du sol, le mouvement giratoire disparaît; il ne

---

[1] Ce dernier point n'est pas dû aux mesures de M. C. Ley; il résulte de l'étude attentive que j'ai faite des tornados américains dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1886.

reste plus que la vitesse tangentielle et la pression extérieure qui n'est plus contrebalancée par la force centrifuge. L'air violemment lancé de la spire ne suivra pas exactement sur le sol la tangente à la projection horizontale à peu près circulaire de la spire, mais déviera légèrement vers l'intérieur.

» L'angle de cette déviation *moyenne* sera déterminé par le rapport des deux composantes dont l'une est profondément altérée par la résistance du sol. Sur les continents, où le frottement est énergique, cet angle pourra atteindre une trentaine de degrés ; sur les côtes, où le sol est en partie remplacé par la surface mobile de la mer, cette déviation sera fortement réduite, même à 6° comme à Brest et à Scarborough. En plein Océan, elle sera plus faible encore.



» Enfin, à l'avant du cyclone, cette pression de l'air ambiant s'accroîtra de tout l'effet dû au mouvement de translation de la tempête, et la déviation atteindra son maximum. Plus près du centre elle diminue, et disparaît entièrement dans la région voisine du calme central autour duquel les girations sont absolument circulaires, à cause de la vitesse croissante des spires descendantes. C'est ainsi qu'on ne constate aucune déviation sensible au pied des plus grands tornados. Nous retrouvons ainsi par ma théorie tous les caractères que les mesures effectuées sur les Cartes synoptiques assignent à cette déviation. On n'y trouve au contraire que des contradictions quand on part de la théorie des météorologistes.

» Il y a plus. L'air, devenu libre au moment où une de ces spires descendantes vient frapper obliquement le sol, ne constituera pas un courant persistant : la résistance du sol et celle des spires intérieures ne tarderont

pas à l'arrêter. On l'entendra mugir d'abord avec une violence presque explosive, puis faiblir en changeant peu à peu de direction. Ce sont les rafales. La plus grande partie de cet air se répandra dans la masse ambiante, sans direction nettement déterminée, et contribuera, je pense, par sa contraction subite et sa dilatation subséquente, à donner un caractère d'intermittence au souffle de ces spires sur le sol. C'est du moins ainsi que je cherche à m'expliquer le phénomène des rafales, et les petites variations de direction que ces rafales subissent à mesure qu'elles s'affaiblissent.

» Le savant marin, dont la lettre toute récente m'a décidé à faire cette Communication, donne précisément la même explication à ce phénomène embarrassant des rafales, qui, naturellement, ne se produit qu'au contact du sol. Je dirai même qu'il me l'a suggérée, et voici en quels termes :

» Le vent, dans une tempête, est loin d'avoir une régularité parfaite comme force et comme direction. Il est au contraire très capricieux et procède par grains (rafales), c'est-à-dire présente une augmentation momentanée et subite dans sa force, avec une légère variation dans sa direction. Est-ce que ces grains ne proviendraient pas de la compression et de l'expansion subite de ces filets d'air qui cherchent à se frayer une route quelque part tout en restant noyés dans la masse du tourbillon?

» Dieu sait les discussions auxquelles la découverte de la loi des tempêtes giratoires a donné lieu, par suite des efforts que les météorologistes n'ont cessé de faire pour accommoder cette loi à leur théorie des tempêtes d'aspiration centripète et des trombes pompant l'eau des mers jusqu'aux nues. J'y compte quatre époques différentes. On y verra les météorologistes tâcher d'abord d'imposer leur théorie sans aucune atténuation, au nom de la Science, puis, obligés de reculer de plus en plus à mesure que les faits étaient mieux connus, n'avoir plus finalement qu'un seul argument, celui des déviations des flèches du vent sur les Cartes synoptiques.

» *Première époque.* — C'est celle de la discussion des météorologistes contre Redfield, Reid et Piddington qui, eux, ne s'occupaient guère de théories, mais de faits. Espy contre Redfield voulait absolument que l'air, dans les tempêtes et les tornados, marchât en ligne droite vers le centre. Redfield soutenait que le mouvement, tel qu'il résultait des observations, était purement circulaire, et que le nom de *cyclone* s'appliquait à toutes les tempêtes ([1]).

([1]) Redfield, ébranlé par l'aplomb du théoricien, a fini par admettre qu'il pouvait bien y avoir quelque chose de centripète dans les tempêtes.

» *Deuxième époque.* — Les météorologistes reconnaissent qu'Espy va trop loin. L'air tend bien à marcher directement vers le centre, mais il n'y peut réussir à cause de la rotation diurne du sol qui fait un tour en vingt-quatre heures au pôle, et qui ne tourne plus du tout à l'équateur. Sous cette influence l'air est dévié et décrit un arc de spirale qui n'atteindra la région centrale qu'après un quart de tour. De là la discussion de Meldrum contre Bridet, etc.; de là les étonnants diagrammes que les météorologistes ont osé proposer aux marins pour remplacer ceux de Reid, Redfield, Piddington et Bridet.

» *Troisième époque.* — On reconnaît que c'est aller trop loin que de soutenir que dans un cyclone le vent ne fait pas plus d'un quart de tour autour du centre; mais on déclare avec une certaine solennité que, s'il faut avouer que l'air exécute de nombreuses girations circulaires autour du centre, le seul aspect des flèches du vent sur les Cartes synoptiques prouve que l'air a pourtant quelque part une composante centripète sans laquelle, d'ailleurs, il ne pourrait alimenter l'immense colonne ascendante et aspirante des cyclones.

» *Quatrième époque.* — On commence déjà à reconnaître que les météorologistes vont trop loin en présentant cette petite déviation des flèches du vent au pourtour des cyclones, comme une preuve évidente de la convergence de l'air vers un centre d'aspiration. Cette déviation étant due, comme on vient de le voir, à une tout autre cause, il ne reste plus rien à l'appui de la théorie des tempêtes d'aspiration, des cyclones et des tornados ascendants et pompants.

» A aucune de ces époques les météorologistes n'ont remarqué que le mouvement de translation si frappant des trombes, tornados, typhons et cyclones est la négation la plus absolue de l'hypothèse sur laquelle ils ont édifié leur théorie des trombes, tornados, typhons et cyclones ascendants.

» Ici il faut rendre hommage à la sagacité de ceux qui ont su, au commencement de ce siècle, en se dégageant des idées reçues, en se laissant guider par les faits et les observations des marins, découvrir la vraie nature des tempêtes si profondément ignorée jusqu'à eux. Sans doute ces observations n'étaient pas assez précises pour faire reconnaître les petites déviations dont nous venons de parler, qui se produisent au ras du sol, et qu'on étudie sur les Cartes synoptiques. Mais, sauf ce détail parfaitement négligeable dans une première approximation, leurs conclusions subsistent.

» Oui, les tempêtes sont, comme ils nous l'ont appris, de vastes tourbillons à girations circulaires, tournant de droite à gauche sur l'hémi-

sphère nord, de gauche à droite sur l'hémisphère sud, et décrivant de vastes trajectoires d'une régularité presque géométrique disposées symétriquement par rapport à l'équateur.

» Voilà une des plus grandes découvertes que l'on ait jamais faites par la voie purement expérimentale. Ses auteurs s'étaient heureusement placés en dehors des idées préconçues qui régnaient alors dans la Science et qui auraient, à elles seules, rendu cette découverte impossible. Pour moi, je suis heureux d'avoir rencontré, dans l'étude des tourbillons du Soleil, le germe d'une théorie digne de s'appliquer après coup à ces lois grandioses, et d'avoir travaillé à délivrer la Science de notre époque d'un préjugé presque aussi vieux et encore plus tenace que celui de l'immobilité de la Terre. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'état du soufre et du phosphore dans les plantes, la terre et le terreau, et sur leur dosage;* par MM. **Berthelot** et **André**.

« En poursuivant nos études sur la formation des principes organiques dans les végétaux et sur l'origine des éléments constitutifs de ces principes, nous avons été conduits à étudier non seulement l'état du potassium et de l'azote, mais aussi celui des autres éléments essentiels. Nous nous proposons de présenter aujourd'hui nos observations sur le soufre et le phosphore, ainsi que sur le dosage de ces éléments dans les plantes, dans la terre et dans le terreau : question capitale pour la Physiologie végétale et pour l'Agriculture, notamment en ce qui touche la détermination et l'analyse des engrais complémentaires. Relativement à la chaux, nous nous bornerons à dire que l'acide chlorhydrique dilué et froid ne l'amène pas tout à fait en totalité à l'état soluble. Mais on y parvient sensiblement au moyen de l'action prolongée de l'acide azotique, du moins pour la terre analysée.

I. Soufre.

» Commençons par le soufre.

» Pour doser le soufre dans les produits agricoles, il est nécessaire de tenir compte des formes multiples sous lesquelles ce soufre peut y être renfermé. En effet, le soufre peut être contenu dans les plantes et dans les terres sous des formes diverses et utiles à connaître, au point de vue de son rôle physiologique comme de son dosage, à savoir :

» 1° Sous la forme de sulfates, directement précipitables à l'état de sulfate de baryte;

» 2° Sous la forme de composés éthérés, comparables aux éthylsulfates et aux glycérisulfates, scindables par hydratation sous l'influence prolongée des acides ou des alcalis étendus, ou bien par oxydation, en régénérant le soufre à l'état de sulfates;

» 3° Sous la forme de composés minéraux, tels que les sulfures, sulfites, hyposulfites, et sels divers des acides du soufre, transformables en sulfates par voie humide et à chaud, par l'action prolongée et énergique des agents oxydants, tels que l'acide azotique;

» 4° Sous la forme de composés organiques, tels que la taurine, la cystine, les acides sulfoconjugués (sulfonés), l'albumine; composés dont le soufre n'est pas transformable complètement en acide sulfurique par voie humide, du moins dans les conditions ordinaires.

» Or le soufre, nécessaire à la constitution des végétaux et qui doit leur être fourni, peut l'être sous les différentes formes qui précèdent.

» Indiquons d'abord la méthode que nous avons suivie pour obtenir le soufre total des plantes, terres et terreaux avec sécurité absolue; méthode qui s'applique également au dosage exact du phosphore, si difficile ou si délicat par les procédés ordinaires d'incinération. Cette méthode a été donnée par l'un de nous, il y a trente ans, et il paraît utile de la reproduire ici avec quelque détail. Elle consiste à brûler le produit (végétal, terre, etc.), (après l'avoir desséché préalablement à 100°), dans un courant d'oxygène et à diriger les vapeurs résultantes sur une longue colonne de carbonate de potasse ou de soude, pur et anhydre. On opère dans un tube de verre dur, à une température voisine du rouge, quoique insuffisante pour fondre le carbonate alcalin et même pour déterminer sa réaction au contact sur le verre du tube. Ce point est tout à fait essentiel [1].

» Quand le produit organique est brûlé complètement, on prolonge le courant d'oxygène encore quelque temps, en maintenant la température voisine du rouge, de façon à transformer en sulfates les sels alcalins sulfurés, formés tout d'abord. Cela fait, on laisse refroidir le tube, on en dissout le contenu dans une grande quantité d'eau, on acidule par l'acide chlorhydrique, on fait bouillir [2], puis on précipite par le chlorure de baryum

---

[1] On vérifie par une épreuve à blanc, sur le même lot de tubes, qu'il ne se produit pas de sulfate dans les conditions de l'analyse; certains échantillons de tubes étant susceptibles d'en fournir, et certains carbonates contenant des produits sulfurés.

[2] Si les cendres de la plante sont siliceuses, il convient d'évaporer à sec la liqueur acide; puis de reprendre par l'eau acidulée, avant de précipiter les sulfates.

le sulfate de baryte. On obtient ainsi le soufre total, avec plus de certitude que par toute autre méthode. Après séparation du sulfate de baryte, on peut séparer le phosphore à l'état de combinaison phosphomolybdique, transformable ultérieurement en phosphate ammoniaco-magnésien. La séparation du phosphore peut aussi être faite, du premier coup, sur un échantillon spécial, sans avoir séparé préalablement l'acide sulfurique : ce qui exige un moindre volume de liqueur.

» Ce procédé, fort simple à mettre en pratique, évite les pertes de soufre et de phosphore, auxquelles on est exposé dans les incinérations faites à l'air libre. Il donne lieu, d'ailleurs, à une oxydation totale, oxydation que l'acide azotique et les oxydants opérant par voie humide ne permettent pas de réaliser, même par une action très prolongée.

» Voici les résultats de nos expériences :

» 1° *Terre.* — Pour isoler autant que possible les sulfates préexistants, on a traité la terre par l'acide chlorhydrique au centième, en employant 500^{cc} de cet acide pour 100^{gr} de terre. Après digestion de vingt-quatre heures à froid, on a filtré, lavé par lixiviation avec une dose d'eau froide à peu près égale, et précipité la liqueur par le chlorure de baryum. Au bout de quarante-huit heures de repos, le précipité a été recueilli, chauffé au rouge et pesé. Il répondait, pour 1^{kg} de terre supposée sèche (à 100°), en soufre, à $0^{gr},182$.

» La même terre a été mise en digestion au sein d'un ballon, dans un excès d'acide azotique pur, à l'ébullition, pendant quinze heures, période après laquelle il ne se produit plus de dégagement sensible de vapeur nitreuse. Au bout de ce temps, on a étendu avec de l'eau et précipité le soufre oxydé sous la forme de sulfate de baryte, etc. On a obtenu ainsi, pour 1^{kg} sec, soufre : $0^{gr},212$.

» Ce chiffre est un peu plus fort que le précédent, mais fort inférieur au soufre total de la terre. En effet, cette terre étant brûlée dans un courant d'oxygène sec, et les vapeurs étant dirigées sur une colonne de carbonate de soude, etc., a fourni définitivement, pour 1^{kg} sec, soufre : $1^{gr},418$, c'est-à-dire près de sept fois autant que l'oxydation par voie humide, dans les conditions ci-dessus.

2° *Terreau.* — Préparé comme il a été dit dans ce Volume, page 912. On a obtenu :

Par l'acide chlorhydrique étendu à froid..........	$S = 0^{gr},947$
Par l'acide azotique pur et bouillant, quinze heures .	$S = 2^{gr},0213$
Par l'oxygène et le carbonate alcalin, au rouge.....	$S = 6^{gr},156$

» Ce terreau est quatre fois plus riche en soufre que la terre végétale ci-dessus.

» 3° *Plante.* — Mercuriale récoltée en octobre 1887 :

Premier échantillon. — Pour 1^{kg} sec (à 100°), par l'acide chlorhydrique étendu, à froid..........................	S = 3^{gr},040
Par l'oxygène et le carbonate de soude, au rouge.....	S = 10^{gr},768

» *Deuxième échantillon*, recueilli dans un autre endroit du terrain, où le sol était plus pauvre en azote et plus argileux :

Par l'acide chlorhydrique au $\frac{1}{100}$, à froid	S = 2^{gr},834
Par l'acide azotique pur et bouillant (15^{h})...........	S = 4^{gr},554
Par l'oxygène et le carbonate de soude, au rouge.....	S = 6^{gr},584

» On voit par ces divers résultats que le soufre préexistant sous forme d'acide sulfurique, ou engagé dans des composés susceptibles de régénérer facilement cet acide, n'est, soit dans la terre ou dans le terreau, soit dans la plante, qu'une fraction du soufre total; et que l'acide azotique, même par une réaction prolongée avec l'acide pur et bouillant, ne fournit également qu'une fraction, plus forte à la vérité, du soufre total. Cette fraction, contrairement à ce que l'on aurait pu supposer, est moindre avec la terre (un septième environ), qu'avec le terreau (un tiers), et avec la plante (un tiers ou un peu plus). Il existe donc dans la terre, aussi bien que dans le terreau et dans la plante, des principes organiques sulfurés stables et que l'action de la chaleur rouge et de l'oxygène, avec le concours des alcalis, paraît seule permettre d'oxyder complètement.

II. PHOSPHORE.

» Le phosphore peut exister dans nos produits agricoles :

» 1° Sous la forme de phosphates, les uns solubles dans l'eau, les autres insolubles dans l'eau, mais solubles dans les acides minéraux étendus et précipitables, par les artifices ordinaires de l'analyse, sous la forme de phosphate ammoniaco-magnésien;

» 2° Sous la forme de composés éthérés, comparables aux phosphoglycérates et à l'acide glucosophosphorique signalé autrefois par l'un de nous; ces composés étant scindables par hydratation sous l'influence prolongée des acides ou des alcalis étendus, et sous celle des agents oxydants, en régénérant le phosphore à l'état d'acide phosphorique;

» 3° Sous la forme de composés minéraux, de l'ordre des phosphures, phosphites et hypophosphites, etc., transformables en phosphates par voie

humide et à chaud, par l'action prolongée et énergique des agents oxydants, tels que l'acide azotique;

» 4° Sous la forme de composés organiques, de l'ordre de l'oxyde de triéthylphosphine, des combinaisons phénylphosphorées, de l'acide cérébrique, etc., composés très difficilement transformables en totalité par les oxydants en acide phosphorique, lorsqu'on se borne à la voie humide.

» Nous avons indiqué plus haut comment on peut, dans tous les cas, ramener le phosphore à l'état final d'acide phosphorique, en faisant intervenir, vers le rouge, l'oxygène et les carbonates alcalins. Voici nos expériences :

» 1° *Terre.* — La terre a été traitée à froid par l'acide chlorhydrique au centième, etc. On a séparé l'acide phosphorique par la méthode de l'acide molybdique, etc. On a obtenu finalement, pour 1^{kg} sec : $P = 0^{gr},134$.

» Une autre expérience, faite avec l'acide chlorhydrique au dixième. Pour 1^{kg} : $P = 0^{gr},420$.

» Cette expérience tend à établir dans la terre l'existence d'acides analogues aux acides éthylphosphoriques.

» L'oxydation par l'acide azotique pur et bouillant, pendant 15 heures, a fourni : $P = 0^{gr},603$.

» L'oxydation par l'oxygène, au rouge, avec le concours du carbonate de soude : $P = 0^{gr},641$.

» D'après ces nombres, le phosphore total dans la terre examinée n'a été obtenu dans l'analyse que par la destruction complète, au rouge, avec le concours de l'oxygène et du carbonate alcalin. Il est fort supérieur au phosphore de l'acide phosphorique préexistant. L'acide azotique, après 15 heures d'ébullition, n'avait pas complètement oxydé les composés phosphorés; cependant il n'était pas fort loin du but, et une action encore plus prolongée l'aurait peut-être atteint.

» Rappelons que cette terre renfermait, pour 1^{kg} (sec) :

$$Az = 1^{gr},71; \quad C \text{ organique} = 23^{gr},0; \quad KO = 8^{gr},92;$$
$$CaO = 33^{gr},2; \quad S = 1^{gr},418; \quad P = 0^{gr},641.$$

» 2° *Terreau.* — 1^{kg} (supposé sec) a fourni, par l'acide chlorhydrique faible et à froid, sous forme d'acide phosphorique : $P = 2^{gr},328$;

» Par l'acide azotique pur et bouillant, après 15 heures : $P = 3^{gr},085$;

» Par l'oxygène et le carbonate alcalin, au rouge : $P = 3^{gr},091$.

» Ce terreau est cinq fois aussi riche en phosphore que la terre ci-dessus. L'acide phosphorique y est particulièrement abondant. Enfin l'acide

azotique bouillant a fourni par voie humide la totalité du phosphore; mais ce résultat paraît exceptionnel. Rappelons ici que ce terreau renfermait, pour 1^{kg} (sec) :

$$\text{C organique} = 95^{gr},9;\quad Az = 8^{gr},553;\quad KO = 11^{gr},65;\quad CaO = 30^{gr},24;$$
$$S = 6^{gr},156;\quad P = 3^{gr},091.$$

» 3° *Plante*. — *Mercuriale :* Premier échantillon (le plus riche en soufre, $10^{gr},768$, *voir* plus haut).

» Par l'acide chlorhydrique au dixième, à froid (pour 1^{kg} sec) : $P = 1^{gr},668$.

» Par l'oxygène et le carbonate de soude, au rouge : $P = 2^{gr},812$.

» Deuxième échantillon (le plus pauvre en soufre : $6^{gr},584$). Par l'acide chlorhydrique au centième, à froid : $P = 2^{gr},965$.

» Par l'acide azotique pur bouillant, 15 heures : $P = 4^{gr},154$.

» Par l'oxygène et le carbonate de soude, au rouge : $P = 5^{gr},440$.

» La richesse relative de la plante en phosphore dépend sans doute de l'âge plus ou moins avancé de ses tissus. Le dernier échantillon est près de deux fois aussi riche que le terreau ; neuf fois autant que la terre. La dose relative d'acide phosphorique préexistant est plus forte que dans la terre, mais comparable à celle du terreau.

» En somme, cette plante renfermait, pour 1^{kg} sec :

$$Az = 19^{gr},35;\quad KO = 27^{gr},9;\quad CaO = 34^{gr},68;$$
$$S = 6^{gr},584;\quad P = 5^{gr},440.$$

» On voit, par ces expériences, que le soufre et le phosphore, aussi bien que l'azote, existent dans la terre, le terreau et les plantes, sous des formes multiples; que ces éléments ne peuvent être dosés avec sécurité que par une destruction totale, opérée au rouge; enfin comment on y réussit, en évitant toute déperdition résultant de la volatilisation de leurs combinaisons. »

CHIMIE. — *Influence du rapprochement moléculaire sur l'équilibre chimique de systèmes gazeux homogènes*. Note de MM. SARRAU et VIEILLE.

« Un grand nombre de produits organiques explosifs ne renferment pas assez d'oxygène pour assurer la combustion complète de leurs éléments. La réaction de décomposition donne alors lieu, dans un grand

nombre de cas, à un équilibre entre des produits exclusivement gazeux, les uns complètement oxydés, tels que l'acide carbonique et la vapeur d'eau; les autres, inoxydés ou partiellement oxydés, tels que l'hydrogène, l'azote, le formène et l'oxyde de carbone.

» L'expérience montre que cet équilibre final se modifie lorsqu'on augmente progressivement le poids de l'explosif placé dans un même volume, de façon à soumettre les produits de la décomposition à des pressions croissantes et différant entre elles de plusieurs milliers d'atmosphères.

» Deux réactions principales régissent la transformation progressive de l'équilibre. Elles concourent toutes deux à diminuer le taux d'oxyde de carbone du mélange et augmenter celui de l'acide carbonique.

» La première réaction transforme l'oxyde de carbone en acide carbonique, aux dépens de la vapeur d'eau dont l'hydrogène devient libre,

$$CO + HO = CO^2 + H.$$

» La deuxième se manifeste lorsque la première réaction a déjà suffisamment diminué le taux de vapeur d'eau et enrichi le mélange en hydrogène libre, ou lorsque le produit explosif est assez peu oxygéné par lui-même pour ne fournir la vapeur d'eau qu'en faible quantité.

» Elle consiste dans la production du formène

$$2CO + H^2 = CO^2 + CH^2.$$

» La première réaction a un très grand degré de généralité. Elle a été observée par Noble et Abel dans la décomposition de la poudre noire sous des pressions croissantes. Nous l'avons signalée dans la décomposition des picrates et du coton-poudre et nous en avons étudié le développement, pour ce dernier explosif, dans des limites très étendues.

» Nous rappelons, dans le Tableau suivant, les formules de décomposition qui représentent, d'une façon très approchée, les résultats de nos analyses et montrent le mécanisme de cette réaction :

Densité des gaz.	$C^{48}H^{29}Az^{11}O^{84} =$	Taux de formène en volume.
gr 0,010	$33CO + 15CO^2 + 8H + 11Az + 21HO$	0
0,023	$30CO + 18CO^2 + 11H + 11Az + 18HO$	0
0,200	$27CO + 21CO^2 + 14H + 11Az + 15HO$	0,006
0,300	$26CO + 22CO^2 + 15H + 11Az + 14HO$	0,016

» La température de l'équilibre final est de 3000° environ et les pressions ont varié de 100^{atm} à 4000^{atm}.

» La deuxième réaction signalée plus haut, inappréciable dans les deux premières conditions d'expérience, apparaît déjà, dans les deux dernières, par la production de 0,6 et 1,6 centième de formène en volume.

» Cette réaction ne devient importante, pour les limites de pression dans lesquelles nous avons opéré, que dans la décomposition de matières moins riches en oxygène que le coton-poudre. C'est ainsi que nous avons vu le taux de formène croître rapidement avec la pression dans la décomposition des celluloses de nitrification inférieure, des picrates et de l'acide picrique. Pour ce dernier corps, la réaction est des plus nettes, comme l'indiquent les formules suivantes, qui représentent très exactement nos expériences :

Densité des gaz.	$8C^{12}H^3(AzO^4)^3O^2 =$
gr 0,10	$11CO^2 + 84CO + 24Az + CH^2 + 16H + 6HO$
0,30	$20CO^2 + 69CO + 24Az + 7CH^2 + 7H + 3HO$
0,50	$25CO^2 + 61CO + 24Az + 9\frac{1}{2}CH^2 + 4H + HO + \frac{1}{2}C$

» Si l'on compare les modes de décomposition extrêmes, on voit que $5^{éq}$ seulement d'oxyde de carbone ont été transformés en acide carbonique, aux dépens de la vapeur d'eau, et que $18^{éq}$ de ce même gaz ont disparu par le fait de la deuxième réaction. Il convient d'ailleurs de remarquer que ces modes de décomposition se produisent avec des pressions, très différentes, de 1000^{atm} et 7500^{atm}. Les réactions dont dépend l'abaissement du taux de l'oxyde de carbone sont exothermiques : la première dégage peu de chaleur, 5^{Cal} environ par équivalent d'oxyde de carbone transformé en acide carbonique; elle ne modifie pas, d'autre part, le volume des gaz produits, l'eau étant considérée comme gazeuse. La deuxième réaction réduit à moitié le volume gazeux sur lequel elle s'opère : la chaleur dégagée est considérable et atteint $30^{Cal},5$ par équivalent d'acide carbonique formé.

» Par l'une et l'autre réaction, la transformation de l'équilibre tend donc vers le dégagement de chaleur maximum.

» Enfin, les deux réactions concourent à faire croître la pression dans un rapport plus grand que celui des charges. Ce fait, évident pour la première de ces réactions, se vérifie par un calcul facile pour la seconde. »

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte d'une Tortue gigantesque par M. le Dr* Donnezan (¹). Note de M. ALBERT GAUDRY.

« J'ai l'honneur d'annoncer à l'Académie la découverte d'une Tortue gigantesque dans le pliocène moyen de Perpignan. Les grands travaux de terrassements qu'a nécessités la construction du nouveau fort du Serrat ont mis à jour de nombreux fossiles.

» Grâce aux officiers du Génie et à M. le Dr Donnezan, ces témoins de l'histoire ancienne de notre pays n'ont pas été perdus. M. Donnezan, président de la Société des médecins et pharmaciens des Pyrénées-Orientales, n'est pas seulement un habile praticien, c'est aussi un zélé paléontologiste. L'année dernière, il a bien voulu, avec M. le Dr Depéret, me conduire au fort du Serrat et me montrer les intéressants Vertébrés qu'il y a découverts. C'est à lui qu'on doit la conservation de la curieuse Tortue dont j'ai à entretenir l'Académie. L'animal a été enfoui tout entier. La carapace a $1^m,20$ de long. Elle était entourée et remplie par une roche très dure; ce n'est qu'à force de coups de marteau et de ciseau qu'on a pu l'isoler. Elle était brisée en une foule de morceaux; M. Donnezan les a réunis les uns aux autres au moyen de fortes agrafes de fer, comme le font les raccommodeurs de porcelaine pour fixer les morceaux d'un vase cassé. Il a ainsi posé un millier d'agrafes nécessitant chacune deux perforations des plaques dures et épaisses de la carapace; en outre, il a mis des cercles de fer pour donner plus de solidité à l'ensemble. Et, après qu'il a accompli ce long travail, il nous a généreusement offert son fossile pour le Muséum de Paris. Mon savant aide-naturaliste, M. le Dr Fischer, est parti à Perpignan pour le recevoir; il était accompagné de M. Stahl, chef de l'atelier de moulage du Muséum. La Tortue est arrivée à Paris en bon état. Le plaisir de la décrire doit appartenir à M. Donnezan et à son ami M. Depéret, chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Marseille, qui a déjà fait d'importantes recherches sur les fossiles du Roussillon. J'ai l'honneur de présenter en leur nom une première Note, où ils décrivent la Tortue de Perpignan sous le titre de *Testudo perpiniana*.

» Cette Tortue dépasse notablement les plus grandes *Testudo* actuelles; elle égale la *Testudo Grandidieri*, espèce sub-fossile que notre Confrère,

(¹) Voir plus loin, p. 1275.

M. Grandidier, a rapportée de Madagascar et dont on voit des spécimens dans notre nouvelle galerie de Paléontologie.

» Lors des fouilles que j'ai faites, il y a une vingtaine d'années, dans le mont Léberon, j'ai découvert une *Testudo* aussi gigantesque que celle de Perpignan. Elle était suspendue en haut d'un ravin élevé ; j'avais fait exécuter de grands travaux pour la dégager ; mais, moins heureux ou plutôt moins habile que M. Donnezan, au moment où je voulus l'enlever, je la vis se briser et se précipiter au bas des escarpements ; les morceaux que j'en ai rapportés étaient trop incomplets pour que j'aie osé la déterminer spécifiquement. Il n'y avait d'ailleurs rien d'extraordinaire à trouver une *Testudo* gigantesque dans un terrain formé à une époque où le *Dinotherium* et l'*Helladotherium* habitaient notre pays et où l'Asie nourrissait le *Colossochelys*. Mais il est important, pour l'étude des temps glaciaires, d'apprendre qu'il y avait dans notre pays, à la fin de l'âge du pliocène moyen, une Tortue énorme : cela confirme l'idée qu'à cet âge le climat de la France était encore chaud.

» Ce qui rend surtout la *Testudo perpiniana* intéressante, c'est que nous avons sa tête, une partie de son cou et ses quatre membres, de sorte qu'on pourra la disposer à peu près comme on ferait pour le squelette d'une Tortue actuelle. Grâce à l'habile direction de M. Fischer et au talent bien connu de M. Stahl, je pense qu'ainsi remontée elle deviendra une des pièces les plus curieuses de notre nouvelle galerie. Si dès à présent quelques-uns de nos Confrères venaient la visiter à l'atelier de moulage du Muséum, ils ne verraient pas sans étonnement l'importance du travail auquel M. Donnezan a dû se livrer pour la mettre dans l'état où elle est actuellement et du travail qui reste à accomplir pour la restaurer aussi parfaitement que possible. La passion que les créatures des âges passés inspirent aux paléontologistes est accrue par les difficultés qu'ils rencontrent pour arriver à pouvoir se les représenter dans l'état de vie. »

HYDRAULIQUE. — *Expériences sur une nouvelle machine hydraulique employée à faire des irrigations*. Note de M. A. de Caligny.

« J'ai construit chez moi, à Flottemanville près de Valognes (Manche), un appareil à élever l'eau au moyen d'une chute motrice, que j'ai décrit dans une Note présentée à l'Académie, le 18 décembre 1882. (Voir page 1257 et suivantes ; voir aussi les pages 962 et 963 du second Volume de mon Ou-

vrage intitulé : *Recherches théoriques et expérimentales sur les oscillations de l'eau et les machines hydrauliques à colonnes liquides oscillantes.*)

» J'ai dernièrement fait des études nouvelles sur ce système, que j'avais d'abord tenu à faire construire d'une manière on ne peut plus rustique, par un charpentier de village. Ayant reconnu qu'il fallait changer, au moins tous les ans, un manchon de cuir flexible qui rattachait le sommet d'un tube automobile au tuyau fixe d'ascension, j'ai remplacé ce tube mobile par une soupape annulaire métallique à double siège, dite *de Cornwall.*

» Je ne pouvais d'ailleurs, dans les circonstances où je me trouvais, employer que des tuyaux très peu résistants et d'un petit diamètre, sans me proposer de faire des études sur le rendement; dans ces mauvaises conditions, je n'élevais donc l'eau qu'à des hauteurs de 5m à 6m au-dessus du niveau du bief d'amont. Or, j'avais besoin de la conduire beaucoup plus haut, pour faire des irrigations et entretenir d'eau de rivière un abreuvoir dans une pièce de terre plus élevée. J'ai donc modifié l'appareil en le rendant, il est vrai, moins simple.

» Le sommet d'un ancien tube d'ascension est aujourd'hui alternativement bouché par une soupape à air, qui se ferme pendant que la colonne liquide monte dans ce tube, et s'ouvre aussi d'elle-même pendant que cette colonne redescend par l'oscillation en retour. L'air est comprimé très graduellement, *sans aucun changement brusque.* Quand la compression est suffisante pour soulever l'eau à la hauteur à laquelle on veut qu'elle se verse, une soupape s'ouvre de bas en haut et une colonne liquide, contenue dans un tuyau vertical, acquiert de la vitesse. Le mouvement y continue de bas en haut, même un certain temps après que la colonne d'air s'est détendue par un mouvement de retour, de sorte que sa pression ne soit plus aussi forte que le poids de cette colonne liquide. L'appareil fonctionne de lui-même indéfiniment, comme pour la première construction qui permettait d'élever de l'eau, il est vrai moins haut, au sommet d'un tube d'ascension, quoique l'air ne fût pas alors alternativement comprimé et que ce sommet fût ouvert constamment.

» Dans le bélier hydraulique on emploie aussi l'air comprimé, mais d'une manière très différente. L'eau arrive dans une cloche d'air *comprimé d'avance* et qui refoule l'eau dans un tuyau de conduite jusqu'au lieu où elle doit être recueillie.

» Montgolfier avait essayé de faire arriver alternativement l'eau dans un réservoir d'air *non comprimé d'avance ;* mais, à cause de l'inertie de l'eau contenue dans le tuyau de conduite partant de cette cloche d'air pour ame-

ner l'eau à sa destination, la force vive de la colonne liquide du corps de bélier n'avait pas le temps de produire l'effet voulu avant d'être refoulée en arrière.

» Ici le cas est très différent : le tube d'ascension est entièrement vertical; il est soutenu par un arbre, au sommet duquel il verse de l'eau, reçue ensuite latéralement dans un tuyau de conduite qui l'amène à de grandes distances, sans qu'on ait à s'occuper, pour le jeu de la machine, de l'inertie de la colonne liquide qu'il contient.

» Il faut seulement, bien entendu, tenir compte du frottement de ce tuyau de conduite, ce qui oblige à faire monter l'eau plus haut que si le versement devait être utilisé immédiatement au sommet du tube vertical. On élève l'eau à une hauteur de $9^m,45$ au-dessus du niveau du bief d'amont, avec une chute normale de $2^m,40$. On peut d'ailleurs, quand on veut, élever de l'eau à la même hauteur, en réduisant beaucoup cette chute motrice. Elle a été réduite à $1^m,8$ et même au-dessous.

» Dans le bélier hydraulique, il y a une percussion brusque de la colonne liquide du corps de bélier contre de l'air *comprimé d'avance*, et, de plus, les *sections transversales sont alternativement bouchées*. L'emploi des tubes mobiles ou des soupapes de Cornwall *ne fermant jamais les sections transversales* et fonctionnant au moyen d'un principe nouveau de succion des liquides en mouvement change complètement les principes de ce genre d'appareils.

» La modification, objet de cette Note, est, ainsi que je l'ai annoncé, moins simple que celle dont on s'était contenté d'abord dans cette localité; mais elle permet d'élever l'eau beaucoup plus haut et diminue le chemin parcouru par les résistances passives. Je la signale, parce qu'elle a aussi ses avantages. Comme elle évite des changements brusques de vitesses, elle peut encore être comprise dans la classe des appareils de mon invention, que M. le général Poncelet m'avait conseillé de nommer *anti-béliers*. »

CHIMIE. — *A quels degrés d'oxydation se trouvent le chrome et le manganèse dans leurs composés fluorescents?* Note de M. **Lecoq de Boisbaudran.**

« Dans l'espoir de contribuer à résoudre cette question, j'ai fait d'assez nombreux essais dont je vais décrire les principaux, me bornant pour le présent à l'exposé des faits observés:

» Il m'a paru surtout intéressant de comparer les matières préparées au contact de l'air avec celles obtenues dans une atmosphère d'hydrogène.

» *Alumine et chrome.* — De l'alumine hydratée, intimement mélangée (précipitation simultanée par AzH^3) avec un ou deux centièmes d'oxyde de chrome, étant séchée dans un courant d'hydrogène, puis fortement calcinée (toujours dans H), fournit une matière qui est rose, quoique de teinte ordinairement plus violette que celle qu'on obtient en opérant au contact de l'air. Ces deux alumines chromées donnent la belle fluorescence rouge.

» Si, au lieu de porter assez rapidement les essais à la chaleur blanche, on élève graduellement la température, on observe les effets suivants.

» Après calcination dans l'air, au rouge sombre ou à la fusion de l'argent, l'alumine chromée est d'une couleur variant du vert presque pur au vert olivâtre; elle se dissout à chaud dans l'acide sulfurique légèrement aqueux et dans la potasse très concentrée. En faisant cette dernière opération dans une atmosphère d'hydrogène, on constate que la matière contient de l'acide chromique. Comme l'alumine provenait d'un alun ammoniacal purifié par cristallisations répétées, il se pourrait que, malgré les lavages, elle eût encore contenu de faibles traces de potasse. Il faudra donc répéter l'expérience avec de l'alumine tout à fait exempte d'alcali (¹) et même de chaux (²).

(¹) Les aluns de AzH^3 du commerce contiennent presque toujours de la potasse. Quand la proportion d'alcali est notable, la masse chromifère, calcinée à l'air même assez violemment, est jaune et cède à l'eau du chromate de K; elle retient cependant du chrome, car elle fluoresce en rouge. Avec une quantité moindre, mais encore sensible de potasse, la matière n'est jaune que pour une calcination modérée; chauffée plus fort, elle devient d'un rose qui est plus pâle qu'en l'absence totale de potasse.

(²) Du carbonate de chaux, intimement mélangé (précipitation simultanée) avec deux centièmes de Cr^2O^3 et violemment calciné à l'air, donne une masse d'un vert pâle. Le même CaO, CO^2 chromifère, calciné dans l'hydrogène, fournit une matière presque absolument blanche. Avec 8 à 10 parties de Cr^2O^3 pour 100 de CaO, CO^2, on obtient au contact de l'air une matière d'un vert assez foncé, laquelle se dissout dans l'acide azotique étendu en une liqueur jaune qui précipite abondamment par le nitrate mercureux (acide chromique). Après calcination dans l'hydrogène, la même matière est d'un vert très pâle, presque blanc. Enfin, avec 50 parties de Cr^2O^3 pour 100 de CaO, CO^2, on obtient, par calcination dans l'air, une masse frittée, noire, à poussière verte, se comportant avec les réactifs comme riche en chromate de chaux. Après calcination dans l'hydrogène, la même substance est vert pâle.

» L'alumine chromifère verte donne à peine une trace de fluorescence rouge.

» Après calcination au rouge sombre dans l'hydrogène, on obtient une matière d'un brun foncé, presque noir, laquelle se dissout difficilement dans l'acide sulfurique légèrement étendu et chaud; du moins reste-t-il alors un dépôt brun riche en chrome. La potasse concentrée et bouillante attaque aussi cette matière brune difficilement ou d'une manière incomplète; il ne se produit pas alors de chromate alcalin (dans une atmosphère d'hydrogène).

» Par calcination dans l'hydrogène au rouge vif, la couleur s'éclaircit un peu et passe généralement au verdâtre sale; enfin, après application de la chaleur blanche, l'alumine chromifère possède une couleur variant du rose un peu violet au violet. La différence de couleur entre les produits obtenus à l'air ou dans l'hydrogène à haute température est parfois presque nulle et varie avec les alumines employées, ce qui permet de supposer dans celles-ci la présence de quelques traces de matières étrangères.

» Les alumines chromifères violettes donnent la belle fluorescence rouge.

» Les colorations brune et violette ne peuvent guère dépendre des impuretés de l'hydrogène, car elles se produisent avec l'alumine chromifère placée dans le creuset à côté d'alumine identiquement préparée, mais exempte de chrome; cette alumine pure reste toujours blanche.

» J'ai aussi calciné la même alumine chromifère [1] graduellement jusqu'à une forte chaleur blanche, dans un creuset traversé par un courant d'hydrogène et contenant des fragments de charbon de bois. Le produit est d'un violet foncé, presque noir, et fluoresce en rouge.

» Si, au lieu de un ou deux centièmes de Cr^2O^3 dans l'alumine, on en met beaucoup plus, il arrive qu'au delà d'une certaine teneur en chrome la couleur rouge ne se produit ni à l'air ni dans l'hydrogène, même après une violente calcination.

» Ainsi, avec Al^2O^3 100 et Cr^2O^3 75, la masse, fortement calcinée dans l'air, est d'un vert foncé. Dans l'hydrogène, on obtient du vert légèrement plus sombre. Ces matières ne fluorescent pas.

» Avec Al^2O^3 100 et Cr^2O^3 38; dans l'air, vert plus clair qu'avec 75 Cr^2O^3; dans l'hydrogène, noir-verdâtre. Pas de fluorescences.

---

(1) Devenant violette dans l'hydrogène, à haute température.

Avec Al^2O^3 100 et Cr^2O^3 19, la matière, calcinée dans l'air, est d'un gris foncé, légèrement rougeâtre. Dans l'hydrogène, on obtient un gris un peu plus sombre avec reflets un peu plus violets. Pas de fluorescences.

» La coloration rose s'accentue ensuite à mesure que s'abaisse la teneur en chrome; ainsi, avec Al^2O^3 100 et Cr^2O^3 4,5 on a, après forte calcination dans l'air, une couleur rouge comparable à celle des rubis, mais encore plus foncée. On constate à peine une trace de fluorescence rouge.

» *Galline et chrome.* — De la galline contenant un à deux centièmes de Cr^2O^3 fut dissoute dans SH^2O^4; on évapora et l'on calcina fortement dans l'hydrogène [1]. La matière, d'un vert très pâle, donne une belle fluorescence rouge.

» Les mêmes gallines chromifères, fortement calcinées au contact de l'air, sont d'un vert notablement plus intense que celui des matières préparées dans l'hydrogène. On n'a pas observé de différence bien sensible entre les fluorescences des deux genres de produits.

» De la galline contenant cinq centièmes de Cr^2O^3, et calcinée à l'air vers la fusion de l'argent, est verte; après exposition à la chaleur blanche [2], la couleur est encore verte et légèrement plus prononcée.

» Le même CaO, CO^2 chromifère, calciné dans l'hydrogène, fournit une matière presque absolument blanche, qui ne donne pas trace de fluorescence verte : à peine s'éclaire-t-elle en jaunâtre comme lorsque la chaux contient de très faibles traces de manganèse. On ne voit pas se développer les fluorescences violette et rose propres à la chaux *presque* pure calcinée dans l'air; il est donc assez présumable que les fluorescences violette et rose de la chaux sont dues à des traces de corps étrangers.

» Avec 8 à 10 parties de Cr^2O^3 pour 100 de CaO, CO^2, on obtient, au contact de l'air, une matière d'un vert assez foncé, laquelle fluoresce en beau vert, mais toujours à spectre continu avec maximum d'intensité dans le vert. Cette matière se dissout dans l'acide azotique étendu. La liqueur, qui est jaune, précipite abondamment en rouge par le nitrate mercureux (acide chromique). Après calcination dans l'hydrogène, la masse est d'un vert très pâle, presque blanc, et ne donne qu'une assez faible fluorescence jaunâtre.

---

(1) L'opération réussit dans un creuset de porcelaine; la galline ne paraît pas alors se réduire à l'état métallique; mais, dans un creuset de platine, il y a sans doute réduction, car le vase est bientôt percé.

(2) Au contact de l'air, on peut se servir d'un creuset de platine.

» Avec 45 à 50 parties de Cr^2O^3 pour 100 de CaO, CO^2, la matière, calcinée dans l'air, est frittée, noire, à poussière vert foncé ; elle se comporte avec les réactifs comme étant riche en chromate de chaux. Dans l'hydrogène, on a une masse d'un vert pâle, non frittée.

» *Magnésie et chrome.* — La magnésie *presque* pure que j'ai employée, étant fortement calcinée à l'air, fluoresce un peu dans le vide. Aux premiers instants, la lumière émise est d'un violet pâle, puis il y a mélange de ce violet et de rougeâtre. Ainsi que je l'ai déjà annoncé ([1]), l'introduction de 1 ou 2 centièmes de Cr^2O^3 dans cette magnésie lui donne la faculté de fluorescer en un beau rouge tout différent du rougeâtre de la MgO seule. La calcination dans l'hydrogène accentue encore l'action spécifique du chrome, car alors la magnésie seule ne donne qu'un violet lilas, tandis que, additionnée de Cr^2O^3 ([2]), elle fournit un rouge magnifique, encore plus beau que celui qu'on obtient en opérant dans l'air.

» *Alumine, potasse et manganèse.* — De l'alumine (bien exempte de chrome) fut additionnée de quelques centièmes de potasse et de $\frac{1}{200}$ MnO. On sulfata et l'on calcina fortement dans l'hydrogène. Le produit, qui est très blanc, donne une superbe fluorescence verte.

» La même alumine potassifère et manganésifère, semblablement traitée, mais au contact de l'air, fournit une masse presque blanche (ayant seulement une légère pointe de jaunâtre), laquelle produit une fluorescence verte (déjà décrite), très belle, quoique un peu moins brillante que celle de la préparation faite dans l'hydrogène.

» L'expérience, répétée avec d'autres proportions de MnO, conduit à des résultats analogues.

» *Chaux et manganèse.* — Du carbonate de chaux, contenant 2 centièmes de MnO, fut fortement calciné dans l'hydrogène. On obtint une masse blanche fournissant une fluorescence jaune orangé exceptionnellement éclatante.

» Le même CaO, CO^2 manganésifère, calciné au contact de l'air, se transforme en une matière couleur café au lait dont la fluorescence jaune orangé (déjà décrite) est fort belle, quoique très notablement moins brillante que celle du produit obtenu dans l'hydrogène.

» Avec 5 à 6 centièmes de MnO, résultats analogues.

([1]) *Comptes rendus*, 6 décembre 1886, p. 1107.

([2]) Cette MgO chromifère est d'un blanc verdâtre.

» Avec 15 à 20 centièmes de MnO dans le CaO, CO^2, les matières calcinées dans l'hydrogène (¹) sont d'un blanc jaunâtre ; calcinées dans l'air, elles sont brun noir ; j'y ai trouvé un peu moins d'oxygène qu'il ne le faudrait pour que tout le manganèse fût à l'état de bioxyde MnO^2. »

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondauce :

1° Le 2ᵉ fascicule des « Études expérimentales et cliniques sur la tuberculose », publiées sous la direction de M. le Professeur *Verneuil*.

2° Une Notice nécrologique sur Francisque Fontannes ; par M. *H. Douvillé*.

3° Une brochure de M. *Sanna Solaro*, intitulée : « Recherches sur la cause des tremblements de terre ». (Présentée par M. Mascart et renvoyée à la Commission des tremblements de terre.)

ASTRONOMIE. — *Éléments et éphéméride de la planète (270) Anahita.* Note de M. **E. Viennet**, présentée par M. Mouchez.

« Nous avons publié récemment, dans les *Comptes rendus* (²), des éléments provisoires de la planète (270). L'éphéméride déduite de ces éléments nous a permis de comparer toutes les observations faites jusqu'au 16 novembre, et nous avons pu ainsi former les six lieux normaux suivants :

1887.			Æ.	D.		
			h m s	° ′ ″		
I.	Octobre	12,5....	1.13.19,83	+11.59.13,7	Observations	du 11 au 13 oct.
II.	»	15,5....	1.10.28,73	+11.37.43,7	»	du 14 au 16 »
III.	»	18,5....	1. 7.41,80	+11.15.52,4	»	du 17 au 19 »
IV.	»	21,5....	1. 5. 1,53	+10.54. 4,4	»	du 20 au 23 »
V.	»	27,0....	1. 0.34,39	+10.15.24,7	»	du 26 au 27 »
VI.	Novembre	16,5....	0.51.25,15	+ 8.28.51,2	»	du 13 au 16 nov.

(¹) L'hydrogène n'était pas parfaitement sec.

(²) *Comptes rendus*, séance du 21 novembre 1887, t. CV, p. 1002.

» Au moyen des lieux normaux I, V et VI, nous avons déterminé les nouveaux éléments ci-après :

Époque.......... T = 1887 octobre 27,0, temps moyen de Paris.

Anomalie moyenne..............	M = 40°. 3'.54'',3	
Longitude du périhélie.........	π = 333. 3.28,0	Équinoxe et écliptique moyens, 1887,0.
» du nœud ascendant...	☊ = 254.27.15,7	
Inclinaison....................	i = 2.21.29,8	
Excentricité $e = \sin\varphi$..........	φ = 8.33. 5,0	
Moyen mouvement diurne.......	μ = 1089'',80	
Log. demi grand axe...........	a = 0,3417726.	

» La comparaison des lieux normaux avec les positions déduites de ces éléments laisse subsister les écarts suivants, donnés dans le sens observation — calcul :

			$\cos\delta\, d\alpha$.	$d\delta$.
			''	''
I.	Octobre	12,5........	−0,3	−0,1
II.	»	15,5........	+0,7	+1,9
III.	»	18,5........	+1,9	+1,2
IV.	»	21,5........	−1,6	−0,6
V.	»	27,5........	0,0	−0,1
VI.	Novembre	16,5........	0,0	+0,1

» A l'aide de ces nouveaux éléments, nous avons calculé une éphéméride qui permettra d'observer la planète jusqu'à la fin de l'opposition actuelle.

Éphéméride.

Les positions sont rapportées à l'équinoxe vrai de la date.

12h T. M. de Paris.	Æ.	D.	log Δ.	log ε.
	h m s	° '		
1887. Décembre 24..........	1. 9.26	+ 8.57,3	0,1914	0,3142
» 25..........	1.10.25	+ 9. 1,5		
» 26..........	1.11.25	+ 9. 5,8		
» 27..........	1.12.26	+ 9.10,3		
» 28..........	1.13.28	+ 9.14,9	0,2055	0,3156
» 29..........	1.14.32	+ 9.19,6		
» 30..........	1.15.36	+ 9.24,5		
» 31..........	1.16.42	+ 9.29,4		
1888. Janvier 1..........	1.17.49	+ 9.34,5	0,2193	0,3170
» 2..........	1.18.57	+ 9.39,7		
» 3..........	1.20. 6	+ 9.45,0		
» 4..........	1.21.16	+ 9.50,4		
» 5..........	1.22.27	+ 9.55,9	0,2328	0,3184

12h T. M. de Paris.	Æ.	D.	log Δ.	log r.
	h m s	° ′		
1888. Janvier 6..........	1.23.39	+10. 1,5		
» 7..........	1.24.52	+10. 7,2		
» 8..........	1.26. 5	+10.13,0		
» 9..........	1.27.20	+10.18,9	0,2461	0,3198
» 10..........	1.28.36	+10.24,9		
» 11..........	1.29.53	+10.31,0		
» 12..........	1.31.10	+10.37,1		
» 13..........	1.32.29	+10.43,4	0,2590	0,3213

» La grandeur de la planète doit être de 11-12 environ. »

ASTRONOMIE. — *Sur la valeur de la parallaxe du Soleil, déduite des observations des Missions brésiliennes, à l'occasion du passage de Vénus sur le Soleil, en* 1882. Note de M. Cruls, présentée par M. Faye.

« L'ensemble des différents Rapports des Missions brésiliennes chargées, en 1882, de l'observation du passage de Vénus est presque entièrement imprimé, et j'espère pouvoir bientôt en offrir un exemplaire à l'Académie. Pour le moment, je me bornerai à indiquer les principaux résultats auxquels m'a conduit la discussion des éléments fournis par les observations, ainsi que la valeur de la parallaxe solaire que j'en ai déduite.

» Voici d'abord les coordonnées des observatoires des trois Missions :

	S. Thomaz (Antilles).	Olinda (Brésil).	Punta-Arenas (Détr. de Magellan).
Long. W. de Paris..	4h29m4s,88	2h28m45s,27	4h52m57s,09
Latitude...........	18°21′3″,2 N.	8° 1′ 9″,7 S.	53°10′ 3″,4 S.
Chef de Mission....	baron de Teffé.	J. d'O. Lacaille.	L. Cruls.

» Les longitudes de ces trois stations peuvent être considérées comme étant connues avec une exactitude plus que suffisante pour permettre l'application de la méthode des équations de condition. En effet, à S. Thomaz et à Olinda, la position des observatoires a été reliée aux points dont les coordonnées ont été antérieurement déterminées par la Mission du Bureau géodésique de Washington, les longitudes étant obtenues à l'aide du télégraphe.

» Quant à la longitude de Punta-Arenas, on pourra s'assurer par ma Note, insérée dans le n° 6 du 7 février 1887 des *Comptes rendus*, qu'elle a été déduite de diverses déterminations, telles que transports chronomé-

triques, culminations lunaires et occultations, offrant toutes garanties d'exactitude.

» Outre les équatoriaux, ayant chacun $0^m,160$ d'ouverture, et avec lesquels observaient les chefs de Mission, on s'est servi, à S. Thomaz, de deux lunettes astronomiques de $0^m,115$ et $0^m,105$ d'ouverture, et, à Olinda, d'une lunette de $0^m,115$, avec lesquelles observaient MM. Calheiros da Graça, Indio Brazil et Louzada.

» Ainsi qu'il résulte des travaux de MM. C. Wolf et C. André, l'observation d'un contact paraît entachée d'une erreur qui varie en raison inverse de l'ouverture de la lunette employée, abstraction faite de l'influence physiologique provenant de la lumière très vive que l'œil reçoit du disque du Soleil, influence d'ailleurs difficile à estimer dans l'observation directe, comme le déclarent ces mêmes expérimentateurs, mais que je ne crois pas exister, lorsque l'observation, ainsi qu'elle a été exécutée par les Missions brésiliennes, se fait par projection, en ayant soin de donner à l'image du Soleil un diamètre suffisant pour réduire son éclat.

» Afin donc de pouvoir utiliser les contacts internes observés par tous les observateurs, munis d'instruments de diverses ouvertures, j'ai donné aux instants notés des poids proportionnels au carré des diamètres des objectifs, et j'ai obtenu ainsi les heures suivantes, exprimées en temps moyen local :

	S. Thomaz.	Olinda.	Punta-Arenas.
1er contact interne (5 déc.) ...	»	»	$21^h 30^m 50^s$
2e contact interne (6 déc.)	$3^h 27^m 34^s$	$5^h 28^m 35^s$	$3^h 9^m 57^s$

» Adoptant pour valeur provisoire $\pi = 8'',848$, et faisant usage des notations habituelles, les contacts m'ont fourni les quatre équations suivantes :

$$2,537\,d\pi - 0,814\,d(\alpha - A) + 0,471\,d(\delta - D) - d(R - r) + 7'',276 = 0,$$
$$2,315\,d\pi - 0,822\,d(\alpha - A) + 0,455\,d(\delta - D) - d(R - r) + 7'',297 = 0,$$
$$0,761\,d\pi - 0,496\,d(\alpha - A) - 0,843\,d(\delta - D) + d(R - r) + 2'',478 = 0,$$
$$0,436\,d\pi - 0,831\,d(\alpha - A) + 0,436\,d(\delta - D) - d(R - r) + 7'',254 = 0.$$

» J'en ai déduit pour valeurs des inconnues

$$d\pi = -0'',040,$$
$$d(\alpha - A) = +7'',936,$$
$$d(\delta - D) = -2'',081,$$
$$d(R - r) = -0'',2657.$$

» Et, finalement, on en conclut, pour valeur de la parallaxe équatoriale horizontale du Soleil à sa moyenne distance à la Terre,

$$8'',848 - 0'',040 = 8'',808. »$$

GÉOMÉTRIE. — *Condition d'égalité de deux figures symétriques.* Note de M. G. Weill, présentée par M. Darboux.

« On sait qu'en général deux figures symétriques par rapport à un point ou à un plan ne sont pas superposables. On a signalé des figures qui font exception; chacune d'elles a un centre ou un plan de symétrie, condition évidemment suffisante pour qu'elle soit égale à sa symétrique. Cette condition est-elle nécessaire? Nous avons montré que non et qu'elle n'est qu'un cas particulier de la condition nécessaire et suffisante, qui est la suivante :

» *Pour qu'une figure soit égale à sa symétrique, il faut et il suffit qu'à tout point* M *de la figure en corresponde un autre* P, *obtenu en faisant tourner* M *d'un angle constant* α *autour d'une droite fixe* d, *puis prenant le symétrique du nouveau point par rapport à un plan fixe* ϖ *perpendiculaire à* d.

» Dans le cas particulier où d s'éloigne à l'infini, la condition prend la forme suivante : il faut qu'à tout point M corresponde un point P, obtenu en menant par M, parallèlement à ϖ, un segment MP' constant en grandeur, direction et sens, puis prenant le symétrique P de P' par rapport à ϖ.

» Toutes les figures qui satisfont à cette dernière condition sont transcendantes; dans le cas général, elles peuvent être algébriques si α est commensurable avec π.

» Quand $\alpha = 0$, la figure a un plan de symétrie. Quand $\alpha = \pi$, elle a un centre. Hors de ces deux cas, la superposition n'est pas due à l'existence d'un centre ou d'un plan de symétrie. Néanmoins, il nous a semblé utile d'établir par une démonstration spéciale qu'*une figure égale à sa symétrique peut n'avoir ni centre ni plan de symétrie*. Une telle figure peut d'ailleurs être algébrique ou transcendante.

» Il résulte encore du théorème énoncé que *toute figure égale à sa symétrique, et qui n'est superposable à elle-même que d'une seule manière, a un centre ou un plan de symétrie*. Cette proposition peut aussi s'établir directement.

» Dans le plan, une figure quelconque est superposable, par une rotation de 180°, à sa symétrique par rapport à un point ou à une droite du plan. Mais, dans le premier cas, la figure reste dans le plan; elle en sort dans le second. Nous ne considérerons, dans ce qui va suivre, que la symétrie par rapport à une droite du plan, et nous assujettirons la figure à rester dans le plan.

» Il y a alors une condition pour qu'une figure soit superposable à sa symétrique. Il faut et il suffit qu'elle ait un axe de symétrie, ou que, si on la rapporte à un système convenable d'axes rectangulaires, l'ordonnée change de signe quand l'abscisse s'accroît d'une quantité constante.

» Dans le second cas, la figure est transcendante. Par conséquent, *toute figure plane algébrique superposable sans retournement à sa symétrique a un axe de symétrie.*

» Une courbe telle que la sinusoïde, par exemple, fait partie à la fois des deux catégories de figures planes superposables à leurs symétriques. Aussi les modes de superposition de cette figure à sa symétrique se partagent-ils en deux groupes distincts. Les superpositions du premier groupe sont dues à l'existence pour la courbe d'axes de symétrie; celles du second tiennent à ce que le sinus change de signe quand l'argument augmente de π.

» Si, enfin, on considère des points assujettis à rester sur une droite, pour qu'un système de ces points soit superposable à son symétrique par rapport à un point de la droite, il faut et il suffit que ce système de points ait un centre de symétrie. »

ARITHMÉTIQUE. — *On suppose écrite la suite naturelle des nombres; quel est le* $(10^{10000})^{\text{ième}}$ *chiffre écrit?* Note de M. **Em. Barbier.**

« 1. Nous avons déterminé le $(10^{10})^{\text{ième}}$, le $(10^{100})^{\text{ième}}$, le $(10^{1000})^{\text{ième}}$ chiffre; il arrive que la recherche du $(10^{10000})^{\text{ième}}$ chiffre ne demande pas un long calcul.

» Les nombres de 10000 chiffres

$$111055\ldots554445 \text{ (ou } 9995 \times 11\ldots111) \quad \text{et} \quad 999588\ldots888889$$

ont pour différence

$$9996 \times 88\ldots889,$$

car il y a 88...889 nombres de 9996 chiffres à partir de 11...111 jusques et y compris 99...999.

» 2. Avec les $(10^{10000} - 999588\ldots888889)$ chiffres qui terminent notre irréalisable suite de caractères, nous écrirons des nombres de 9997 chiffres.

» Le quotient N *avec reste* L du nombre de 9997 chiffres 411...111 nous permettra de dire que $10^{9996} + N$ a pour $L^{\text{ième}}$ chiffre le $(10^{10000})^{\text{ième}}$ caractère de la suite naturelle des nombres.

» 3. Donnons donc la forme $9997N + L$ au neuvième de

$$37 \times 10^{9996} - 1.$$

$$\frac{37}{9997} = 0,0037011103330999\ldots55596679^{*}00380111\ldots,$$

par suite

$$N = 4112344\ldots{}^{*}0004112344\ldots8399631^{*}000411\ldots{}^{*}00041123448 1.$$

Il faut 52 étoiles annonçant 000411.

» 4. Voici les 192 chiffres d'une période de N :

4112 3448 1455 5477 7544 3744 2343 8142,
5538 7727 4293 3991 3085 0366 2209 7740,
4332 4108 3436 1419 5369 7220 2771 9426,
9391 9286 8971 8026 5190 6683 1160 4592,
4888 5776 8441 6436 0419 2368 8217 5763,
8402 6319 0068 1315 5057 6283 9963 1000.

» La somme de ces six lignes de 32 chiffres est 366...663. Ainsi se vérifient nos 192 chiffres.

» 5. La fraction complémentaire de N est

$$0,45554777\ldots - 0,000011111\ldots \quad \text{ou} \quad \frac{4554}{9997}.$$

» On doit attribuer à L la valeur 4554.

» Le 4554^{ieme} chiffre du nombre 10004112344...481 est le chiffre que nous cherchons. C'est aussi le $4550^{\text{ième}}$ chiffre de N ; c'est-à-dire le $134^{\text{ième}}$ chiffre de la $24^{\text{ième}}$ période de N, ou le $6^{\text{ième}}$ de la $5^{\text{ième}}$ ligne de 32 chiffres écrite ci-dessus : 488857.

» 6. En écrivant 10^{1000} chiffres sur chaque ligne de lumière, à partir des atomes unis deux à deux par de telles lignes, et multipliant encore cette écriture par le nombre des vibrations que la lumière a faites depuis la création, nous n'aurions point encore le 10^{10000} caractère d'une suite de chiffres! »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'aimantation par influence.* Note de M. P. **Duhem**, présentée par M. Darboux.

« *Potentiel thermodynamique d'un système qui renferme des corps électrisés et des aimants.* — Si l'on désigne par Y le potentiel électrostatique, par ρ la densité électrique en un point, par $\mathcal{G}(\mathfrak{M})$ une fonction de $\mathfrak{M}$ qui s'annule pour $\mathfrak{M} = 0$, par Θ une quantité qui, en chaque point, dépend de la nature du conducteur, mais non de son aimantation, le potentiel thermodynamique interne d'un système qui renferme des aimants électrisés sera

$$\mathcal{F} = E(U - TS) + \mathcal{J} + Y$$
$$+ \iiint [\mathcal{F}(\mathfrak{M}) + \rho\mathcal{G}(\mathfrak{M}) + \rho\Theta]\, dx\, dy\, dz.$$

» *Équations de l'équilibre électrique et de l'équilibre magnétique.* — On peut alors trouver aisément les équations de l'équilibre électrique sur des conducteurs aimantés et de l'équilibre magnétique sur des conducteurs électrisés.

» Sur un conducteur aimanté, en désignant par V le niveau potentiel électrostatique et par ε la constante de la loi de Coulomb, on a

$$\varepsilon V + \Theta + \mathcal{G}(\mathfrak{M}) = \varepsilon V' + \Theta' + \mathcal{G}(\mathfrak{M}'),$$

le premier membre se rapportant à un point M, le second à un point M'. Ainsi *la différence de niveau potentiel entre deux points d'un conducteur électrisé et aimanté varie avec l'intensité d'aimantation en ces deux points.* La variation dont il s'agit suppose qu'en faisant varier l'aimantation on maintienne invariables la densité et l'état physique ou chimique du conducteur.

» Si l'on pose

$$F(\mathfrak{M}, \rho) = \frac{\mathfrak{M}}{\frac{\partial \mathcal{F}(\mathfrak{M})}{\partial \mathfrak{M}} + \rho \frac{\partial \mathcal{G}(\mathfrak{M})}{\partial \mathfrak{M}}},$$

les équations de l'équilibre magnétique seront

$$\mathcal{A} = -hF\frac{\partial V}{\partial x}, \qquad \mathcal{B} = -hF\frac{\partial V}{\partial y}, \qquad \mathcal{C} = -hF\frac{\partial V}{\partial z}.$$

La fonction magnétisante en chaque point dépend de la densité électrique en ce point.

» La fonction magnétisante varie avec la densité électrique; la différence de niveau potentiel $D(\mathfrak{M})$ entre un corps possédant l'aimantation $\mathfrak{M}$ et un corps quelconque non aimanté varie avec $\mathfrak{M}$. Ces variations sont liées par la relation

$$\frac{\partial D(\mathfrak{M})}{\partial \mathfrak{M}} = - h\mathfrak{M}\frac{\partial}{\partial \rho}\frac{1}{F(\mathfrak{M}, \rho)}.$$

» *Influence de l'aimantation sur la force électromotrice d'une pile.* — Si un morceau de fer doux plongé dans une solution d'un sel de fer dont nous négligerons les propriétés magnétiques est placé dans un champ magnétique, l'équilibre électrique ne sera possible, en général, que si l'intensité d'aimantation a la même valeur en tous les points de sa surface et s'il en est de même de la densité électrique. Si ces conditions ne sont pas réalisées, des courants parcourront la masse du fer doux et le liquide.

» Supposons la densité électrique assez faible pour que l'on puisse négliger la quantité $\rho\mathcal{G}(\mathfrak{M})$; nous pourrons alors démontrer que les parties les plus fortement aimantées sont électropositives par rapport aux parties plus faiblement aimantées. L'inverse a lieu pour une substance diamagnétique. M. Rowland a dernièrement constaté ce fait par l'expérience et l'a communiqué au dernier Congrès de l'Association britannique, tenu à Manchester.

» La force électromotrice d'une pile qui renferme une électrode de fer doux varie lorsqu'on la place dans un champ magnétique susceptible d'aimanter uniformément l'électrode. Pour toutes les substances magnétiques connues, l'aimantation diminue la force électromotrice de la pile si la substance magnétique forme l'électrode négative, et l'augmente si la substance magnétique forme l'électrode positive. L'inverse a lieu pour une substance diamagnétique.

» Si l'on néglige la variation de la fonction magnétisante, la variation de la force électromotrice est proportionnelle au carré de l'intensité d'aimantation de l'électrode et en raison inverse de son coefficient d'aimantation.

» Ces diverses propositions complètent la théorie proposée par M. P. Janet, sur l'influence que l'aimantation fait subir à la force électromotrice d'une pile. »

THERMODYNAMIQUE. — *Variation de température d'un gaz ou d'une vapeur qui se comprime ou se dilate, en conservant la même quantité de chaleur.* Extrait d'une Lettre de M. **Ch. Antoine** à M. Bertrand.

« Nos torpilles sont chargées avec de l'air comprimé à 50^{atm}.

» La formule

$$T = T_0 \left(\frac{V_0}{V}\right)^{\frac{K'-K}{K}}$$

donne

$$T = 1201^\circ;$$

pour $T_0 = 293$,

$$\frac{V_0}{V} = 50.$$

» On aurait une élévation de température égale à 908° pour une compression de 50^{atm}.

» Sans aller aussi loin, je relève (p. 23 de votre *Thermodynamique*) qu'une compression $\frac{V_0}{V} = \frac{1}{10}$ produirait une augmentation de température $753^\circ - 299^\circ = 454^\circ$.

» Dans les nombreuses expériences que V. Regnault a faites (en 1854, 1864, 1865) sur la compression de l'air, on trouve que, pour des compressions d'environ 12^{atm} à 13^{atm}, la température ne s'élèverait pas à plus de 86°.

» De 454° pour une compression de 10^{atm} à 86°, pour une compression de 12^{atm} à 13^{atm}, l'écart est bien considérable!

» V. Regnault dit, il est vrai :

» Lorsqu'un gaz se détend dans les conditions de mes expériences, c'est-à-dire lorsqu'il sort de l'appareil calorimétrique avec la totalité du mouvement que la détente lui a donné, le phénomène calorifique est bien différent de celui qui a lieu pour le même gaz lorsqu'il est contenu à l'état de repos dans un cylindre indéfini et que l'on varie son volume en déplaçant un piston.

» Pendant le chargement d'une torpille avec l'air comprimé, l'augmentation de température tient à deux causes :

» 1° La chaleur due au fait même de la compression;

» 2° Celle qui résulte du travail qui produit la compression.

» Dans les relations (14)

$$dQ = K\,dt + \frac{K' - K}{R} p\,dV,$$

$$dQ = K'\,dt + \frac{K - K'}{R} V\,dp.$$

» Si l'on pose

$$dQ = 0,$$

il demeure bien entendu que, dans la comparaison qui sera faite entre deux états différents de pression, de volume et de température, la chaleur Q sera supposée constante, c'est-à-dire que l'on n'y ajoutera rien, ni directement par l'action du feu, ni par d'autres moyens détournés, tels qu'une transformation de force en chaleur emmagasinée....

» On peut, je crois, arriver à une autre solution du problème.

» En adoptant pour chaque gaz ou vapeur un zéro spécial et en comptant les températures θ à partir de ce zéro, les pressions sont données par la relation

$$p = \overline{A\theta}^{5.3}.$$

» Les produits pV,

$$pV = M\sqrt[3]{\theta}.$$

» Les quantités de chaleur X des vapeurs à saturation observées par Regnault,

$$X = N\sqrt[3]{\theta} + \text{const.} \quad (^1).$$

» Lorsque la vapeur est surchauffée sous pression constante, la chaleur augmente d'une quantité $c(T - \theta)$, (T étant la température finale, θ la température à saturation, et c la chaleur spécifique sous pression constante).

» La chaleur totale est, par suite,

$$Q = N\sqrt[3]{\theta} + c(T - \theta) + \text{const.};$$

pour la même vapeur à une autre pression et à une autre température,

$$Q' = N\sqrt[3]{\theta'} + c'(T' - \theta') + \text{const.}$$

---

(1) *Voir* mon Mémoire présenté à l'Académie le 20 décembre 1886.

» Les expériences de Regnault tendent à démontrer que la chaleur spécifique sous pression constante ne varie pas d'une manière bien sensible avec l'augmentation de pression. On peut donc, comme première approximation, admettre dans la pratique ordinaire

$$c = c'.$$

» Lorsque les gaz ont même quantité de chaleur,

$$N\sqrt[3]{\theta} + c(T - \theta) = N\sqrt[3]{\theta'} + c'(T' - \theta');$$

d'où

$$\frac{N}{c}\sqrt[3]{\theta} - \theta + T = \frac{N}{c}\sqrt[3]{\theta'} - \theta' + T'.$$

» On peut calculer *a priori* l'expression

$$\mu = \frac{N}{c}\sqrt[3]{\theta} - \theta;$$

on a alors

$$\mu - \mu' = T' - T,$$

ce qui permet de calculer les différences de température d'un gaz, qui a la même quantité de chaleur avec des tensions différentes.

» C'est ce que je me réserve d'établir d'une manière plus spéciale. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une loi expérimentale de balistique intérieure.* Note de M. **Henry**, présentée par M. Sarrau.

« 1. Les expériences qui ont été faites avec le vélocimètre par MM. Sebert et Hugoniot permettent de trouver la loi empirique de la détente des fluides de la charge dans une bouche à feu.

» Dans une certaine région de l'âme voisine de la bouche, on peut déduire des indications du vélocimètre, d'une part, les accélérations simultanées de la pièce et du projectile à un instant quelconque : par suite, les pressions P_0 et P correspondantes ; et, d'autre part, les espaces x_1 et x parcourus en sens inverses par la pièce et l'obus à ce même instant. On en conclut le volume V occupé par la charge à l'instant considéré, et l'on forme de cette manière un Tableau des valeurs correspondantes du volume V et de la tension moyenne $p = \frac{1}{2}(P_0 + P)$ des fluides de la charge.

» 2. Pour avoir la loi de la détente de ces fluides, il ne reste plus qu'à

trouver la relation empirique qui équivaut à ce Tableau. Cette relation empirique n'a pas encore été remarquée. Nous l'obtenons en construisant pour chaque ligne du Tableau un point figuratif ayant pour abscisse l'inverse de la pression p et pour ordonnée le volume V. Les données du Tableau se traduisent de cette manière par une série de points qui correspondent à diverses positions du projectile dans l'âme. Or, ces points sont en ligne droite pour toute la région qui comprend *les trois derniers quarts environ* du parcours de l'obus dans l'âme. Par conséquent, dans cette région, le volume et l'inverse de la pression sont liés par une relation linéaire, *ce qui est la loi de Noble et Abel*,

$$V - f\varpi\frac{1}{p} - \alpha\varpi = 0.$$

Dans cette formule, ϖ est le poids de la charge; f et α sont les deux constantes numériques introduites par Noble et Abel.

» Lorsqu'on introduit dans cette formule les valeurs des constantes f et α données dans le Tableau ci-dessous, la formule reproduit les pressions observées, sauf des écarts relatifs dont la valeur moyenne est inférieure à 2 pour 100.

» Ces pressions observées correspondent à des positions du projectile régulièrement espacées sur les trois derniers quarts de son parcours. Le nombre N de ces positions et les écarts moyens relatifs E qui en résultent comme divergences entre les pressions observées et calculées sont donnés, pour chaque groupe d'expériences, par le Tableau suivant :

Groupes d'expériences.	Charge de poudre.	α.	f en kilom. carrés.	N.	E.	Nombre des coups tirés.
	kg					
1er........	2,200 A_3S	0,625	2240	5	0,012	6
2e........	3,200 A_3S	0,390	2320	4	0,013	4
3e........	2,200 A_3S	0,340	2270	6	0,024	3
4e........	0,220 RS	0,455	2510	10	0,020	3

» Il est à remarquer que cette méthode donne pour la force de la poudre des évaluations concordantes avec celles de Noble et Abel.

» La loi de Noble et Abel se trouve ainsi étendue au cas de la détente des fluides de la poudre dans la plus grande partie de l'âme d'une bouche à feu. Il est évident, du reste, qu'elle ne peut se vérifier qu'à partir du moment où toute la charge est brûlée. Il est à noter que les expériences conduisant à ce résultat ont été faites par une méthode indépendante des

crushers de Noble et Abel, avec des bouches à feu de calibres très différents, ainsi qu'avec des charges et des projectiles variés. Il serait peut-être intéressant de confirmer ces résultats au moyen des crushers, suivant une méthode qui a été indiquée dans le *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, tome XIV, page 393. Une telle vérification donnerait probablement des renseignements utiles sur le fonctionnement de ces appareils.

» 3. *A priori*, rien n'autorise, croyons-nous, à étendre la méthode de MM. Sebert et Hugoniot aux positions de l'obus voisines du fond de l'âme. Si cependant on admet provisoirement cette extension, la loi complète du mouvement de l'obus dans l'âme se trouve bien dessinée par l'ensemble des points figuratifs, construits comme il a été dit.

» Cet ensemble de points forme à peu près une hyperbole ayant pour asymptotes : 1° la droite déjà considérée, qui représente la loi de Noble et Abel; 2° une parallèle à l'axe des abscisses menée à la hauteur qui représente sur l'axe des ordonnées le volume initial de la charge V_0. Cette seconde droite doit être asymptote, car la pression p est infiniment petite, et l'abscisse $\frac{1}{p}$ est infinie, lorsque le déplacement de l'obus est infiniment petit.

» Le forcement de la ceinture apporte dans cette loi simple des perturbations sensibles. Mais la loi se manifeste beaucoup plus nettement dans le cas du projectile à ceinture ajustée.

» *On peut donc trouver une hyperbole*, ayant pour équations

$$\left\{\begin{aligned} &x = \frac{1}{p}, \quad y = V,\\ &(y - f\varpi x - \alpha\varpi)(y - V_0) = \lambda,\end{aligned}\right.$$

λ étant une constante, *laquelle hyperbole passe assez près de tous les points figuratifs pour que les écarts subsistants soient imputables à des erreurs d'observation.*

» Cette hyperbole figure la loi complète de la détente des fluides de la charge dans l'âme d'une bouche à feu. Son équation équivaut à l'équation différentielle du mouvement de l'obus; et elle s'intègre sans difficulté par l'application du théorème des forces vives.

» 4. On peut aussi déduire de ces expériences la quantité de poudre brûlée à chaque instant du mouvement, si l'on admet, comme dans le précédent paragraphe, que l'extension de la méthode soit légitime pour les positions de l'obus voisines du fond de l'âme.

» Soient x, y les coordonnées d'un point figuratif non situé sur la droite Δ qui représente la loi de Noble et Abel. Soit Y l'ordonnée de cette droite correspondant à l'abscisse x.

» On a d'abord entre x et Y la relation

$$\varpi(fx + \alpha) = Y.$$

Soit ϖ' le poids de la poudre brûlée à l'instant où la charge entière occupe le volume y.

» On trouve la relation

$$\frac{\varpi'}{\varpi} = \frac{y - \frac{\varpi}{\delta}}{Y - \frac{\varpi}{\delta}},$$

en appelant δ la densité réelle de la poudre.

» La fraction déjà brûlée de la charge, pour une position donnée du point figuratif, est donc le rapport des ordonnées correspondantes de ce point et de la droite Δ, ces ordonnées étant diminuées l'une et l'autre du volume initial de la charge $\frac{\varpi}{\delta}$. »

ACOUSTIQUE. — *Des voyelles dont le caractère est très aigu.* Note de M. E. **Doumer**, présentée par M. Lippmann.

« Les physiciens admettent généralement que les voyelles sont des timbres spéciaux des sons laryngés, dus au renforcement, par les cavités avoisinant le larynx, d'harmoniques de hauteur constante pour une même voyelle, mais variant d'une voyelle à une autre. Les travaux de Donders et de Helmholtz, auxquels il convient d'ajouter ceux de M. Kœnig, paraissent avoir établi cette théorie d'une façon définitive.

» Quelques physiciens, et non des moins habiles, ne l'admettent cependant pas dans toute sa généralité; Schneebeli, entre autres, refuse aux voyelles à caractère très aigu, en particulier, la qualité de voyelles pures, et les regarde comme des sons complexes dus à l'adjonction au son laryngé de sons produits dans la cavité buccale et ne présentant avec le premier aucun rapport harmonique.

» Outre cette opinion que la valeur des physiciens qui la soutiennent ne permet pas de négliger, il existe entre les partisans de la pureté des

voyelles *i* et *u* de très grandes divergences au point de vue des notes caractéristiques. C'est ainsi que Helmholtz attribue deux *vocables* à ces voyelles et donne comme caractéristique la plus élevée $ré_5$ pour la voyelle *i* et $la^{\flat}_4$ pour la voyelle *u*; pour Donders, la caractéristique de *i* est fa_4, et celle de *u*, la_3; Willis attribue à *i* la caractéristique sol_6, et Kœnig $si^{\flat}_5$.

» Aussi convient-il de revenir sur ce sujet et de l'étudier à la lumière de la méthode photographique directe que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie dans deux précédentes Notes ([1]).

» Pour décomposer avec netteté par la capsule manométrique les sons complexes qui constituent le *i* et le *u*, il faut ouvrir largement l'arrivée du gaz carburé, et régler la pression de l'oxygène de telle sorte que la partie éclairante de la flamme soit réduite à une longueur de 2^{mm} environ. Alors si l'on chante devant la membrane de la capsule manométrique l'une de ces voyelles, en ayant soin de l'émettre avec pureté, on constate que la dent fondamentale est découpée par un grand nombre de dents plus petites et qui généralement sont équidistantes et égales entre elles.

» Les photographies que j'ai ainsi obtenues sont fort nettes et d'un calcul très facile.

» La première question que je me suis posée est relative à la nature du son très aigu qui accompagne le son fondamental : ce son est-il ou n'est-il pas un de ses harmoniques? Pour y répondre j'ai fait chanter devant la membrane la même voyelle par la même personne sur des tons différents. Si le son aigu est un harmonique du son fondamental, quelle que soit la hauteur de ce dernier il devra y avoir entre eux un rapport harmonique. J'ai répété cette expérience un certain nombre de fois, de façon à pouvoir généraliser les résultats, puis j'ai cherché à caractériser le sou les ons caractéristiques, quel que soit du reste leur rapport avec le son fondamental.

» Le Tableau suivant permet de répondre à ces deux questions et, par conséquent, de trancher définitivement le débat.

Chanteurs.	Hauteur du son fondamental.	Hauteur du son aigu.	Hauteur de l'harmonique qui s'en rapproche le plus.	Différences.
Voyelle I.				
1er (baryton)........	524 vs	4192 vs	8e... 4192 vs	0 vs
» »	512	4096	8e... 4096	0

([1]) *Comptes rendus*, 2 août 1886 et 25 juillet 1887.

Chanteurs.	Hauteur du son fondamental.	Hauteur du son aigu.	Hauteur de l'harmonique qui s'en rapproche le plus.	Différences.
1er (baryton)........	516 vs	4127 vs	8e... 4128 vs	—1 vs
3e (ténor)...........	452	4520	10e... 4520	0
» »	427	4270	10e... 4270	0
4e (ténor)...........	619	4333	7e... 4333	0
» »	556	4448	8e... 4448	0
6e (basse)...........	522	4176	8e... 4176	0
		Voyelle U.		
1er (baryton)........	534	3738	7e... 3738	0
» »	525	3675	7e... 3675	0
2e (ténor)...........	484	3388	7e... 3388	0
» »	450	3600	8e... 3600	0
» »	499	3493	7e... 3493	0
3e (baryton).........	419	3352	8e... 3352	0
» »	440	3520	8e... 3520	0

» De ce Tableau, on peut conclure :

» 1° Que *les sons i et u sont des voyelles pures*, c'est-à-dire qu'*il existe entre le son renforcé et le son laryngé un rapport harmonique;*

» 2° Que *la note caractéristique et la voyelle i est voisine de* $\text{ut}_6^{\#}$ *ou du moins, pour parler plus exactement, est comprise entre* ut_6 *et* ré_6, *suivant la hauteur du son fondamental;*

» 3° Que *la note caractéristique de la voyelle u est sensiblement plus grave de deux tons que celle de la voyelle i*; *elle correspond à la note* la_5 *avec un écart qui lui permet d'aller de* sol_5 *à* si_5. »

CHIMIE. — *Sur la chaleur spécifique du tellure.* Note de M. Ch. Fabre, présentée par M. Berthelot.

« 1. Le tellure, comme nous l'avons montré dans une précédente Note, existe sous deux états différents, répondant à des chaleurs de transformation de 12^{Cal}: dès lors il importait de rechercher la chaleur spécifique du tellure sous chacun de ces états, afin de voir si la transformation s'effectue par degrés insensibles ou brusquement.

» 2. Regnault (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLVI, p. 280) a mesuré la chaleur spécifique du tellure : 1° *précipité* par l'acide

sulfureux, 2° *distillé* dans un courant d'hydrogène. Les deux séries de déterminations ont donné 0,05165 pour chaleur spécifique du tellure précipité; 0,04737 pour le tellure distillé. Le mode de préparation suivi par Regnault pouvant donner un corps souillé d'acide tellureux, nous avons repris cette détermination, en employant du tellure complètement pur.

» Le tellure est précipité par l'acide sulfureux, lavé à l'eau saturée d'azote, puis séché dans un courant de ce gaz. Il est alors enfermé dans une fiole de platine munie d'un thermomètre, conformément au procédé de M. Berthelot, et le tout est placé dans l'appareil de Regnault, dont l'étuve est chauffée par la vapeur d'eau.

» Trois déterminations ont donné

	Poids de tellure.	Chaleur spécifique.
	gr	
I	53,504	0,05193
II	»	0,05312
III	»	0,05225
Moyenne		0,05252

» 3. Ce même tellure a été volatilisé dans un courant d'acide sulfureux. Le corps obtenu n'avait pas le même aspect que celui préparé par distillation dans un courant d'hydrogène : il est plus noir et sa cassure n'est pas nettement cristalline. Les expériences faites sur cette variété ont donné :

	Poids de tellure.	Chaleur spécifique.
	gr	
I	51,02	0,05112
II	»	0,05189
III	»	0,05247
Moyenne		0,05182

nombre qui ne diffère pas sensiblement du précédent.

» 4. Le tellure, variété cristalline, a été préparé par décomposition des tellurures alcalins, lavé à l'eau chargée d'azote, distillé dans un courant d'hydrogène, fondu et refroidi très lentement : le corps ainsi obtenu était à cassure cristalline.

» Deux déterminations ont donné

	Poids de tellure.	Chaleur spécifique.
	gr	
I	81,412	0,04811
II	»	0,04852
Moyenne		0,048315

» Ce nombre est assez voisin de celui qui est fourni par la variété précédente.

» 5. Le tellure possède donc sensiblement la même chaleur spécifique sous ses divers états, du moins pour des températures voisines de 100°; mais il est possible que la différence s'accentue à des températures plus élevées, et, en particulier, dans le voisinage du point de transformation du tellure amorphe en tellure cristallisé. »

THERMOCHIMIE. — *Étude sur une houille anglaise*. Note de MM. **Scheurer-Kestner** et **Meunier-Dolfus**, présentée par M. Friedel.

« La houille dont nous venons d'achever l'étude complète provient du pays de Galles, comté de Glamorgan, et porte le nom de *Nixom's Navigation*. Cette houille [1], qui est remarquablement pure, car elle ne contient que 3 à 4 pour 100 de cendres, donne 88 pour 100 d'un coke dur et brillant. Par la proportion de carbone fixe qu'elle renferme, elle rentrerait dans la classe des houilles maigres de Gruner; mais, par la nature de son coke et sa chaleur de combustion, elle fait partie des houilles grasses.

Analyse de la houille.

Carbone fixe	87,44	90,27
Carbone des hydrocarbures	2,83	
Hydrogène	4,39	
Soufre	0,69	
Azote	0,49	
Oxygène par différence	4,16	
	100,00	

Composition de la partie volatile.

Carbone	22,53
Hydrogène	34,96
O + Az + S	42,51
	100,00

(1) Nous sommes redevables de l'échantillon de houille qui nous a servi à M. Donkin, ingénieur anglais, qui nous a demandé ces expériences afin d'avoir une houille qui pût lui servir de type pour ses propres expériences.

Chaleur de combustion.

	Pour l'unité de poids.
I	8848^{cal}
II	8881
Moyenne	8864

» Le calcul de la chaleur de combustion d'après la composition de la houille donne les résultats suivants :

Addition de la chaleur de combustion des éléments [1]	8586
Calcul selon Dulong	8452
Calcul en employant pour le carbone volatil le coefficient de 11214 (M. Cornut)	8674
Calcul suivant la formule $N = 26880\left(\frac{C}{3} + H\right)$, proposée par M. Ser dans son *Traité de Physique industrielle*	9268

» Comme on le voit, c'est la formule de M. Cornut qui donne le résultat le plus rapproché de la vérité et celle de M. Ser qui s'en éloigne le plus; mais il n'en est pas toujours ainsi et, le plus souvent, c'est le contraire qui a lieu. Il résulte, une fois de plus, de nos expériences, qu'il est impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de se rendre compte du pouvoir calorifique d'une houille en partant de sa composition. L'erreur peut atteindre 10 pour 100. L'ancien procédé de Berthier n'a pas plus de valeur, bien au contraire, et conduit à des résultats qui, la plupart du temps, n'ont rien de commun avec la réalité.

» *Etude pratique.* — La houille a été brûlée sur le foyer de la chaudière à vapeur qui a servi à nos expériences précédentes; le réchauffeur seul en a été modifié. Celui à six bouilleurs qui existait en 1869, lors de nos premières expériences, a été remplacé par un réchauffeur tubulaire en fonte du système Green, moins exposé aux pertes de chaleur par rayonnement extérieur, et utilisant mieux le calorique des gaz de la combustion. Aussi la proportion des calories utiles, contenues dans la vapeur, s'est-elle augmentée d'une manière sensible.

» Le réchauffeur Green présente sur l'ancien les trois avantages sui-

---

[1] Nous avons employé, pour l'hydrogène, le coefficient 29087, parce que nous avons opéré avec des gaz secs et qu'il n'y a pas eu de condensation d'eau dans le calorimètre.

vants : la chaleur des produits gazeux de la combustion est mieux employée; la chaleur empruntée à ces gaz par l'eau du réchauffeur s'y conserve mieux; il y a moins d'infiltration d'air froid dans les canaux.

» Pendant l'expérience, une prise continue sur les produits gazeux de la combustion a eu lieu, au moyen d'un gazomètre à huile et à écoulement constant ([1]).

Composition moyenne des gaz.

Acide carbonique	10,3
Oxygène	8,3
Gaz combustibles	traces non dosables.
Azote	81,4
	100,0

» Pendant sa combustion, cette houille ne fournit que des traces presque imperceptibles de gaz combustibles, lorsque l'alimentation d'air est suffisante, comme elle l'a été dans cette expérience,

» En calculant le volume d'air employé pour la combustion, d'après la formule que l'un de nous a donnée ([2]) :

$$\left[V = \frac{C}{0,000\,536\,v}\left(v' + \frac{v''}{2} + v'''\right) + \frac{8\left(H - \frac{O-S}{8}\right)}{0,001\,437}\right]4,761,$$

et dans laquelle *a* est remplacé par sa valeur,

$$\frac{8\left(H - \frac{O-S}{8}\right)}{0,001\,437},$$

([1]) Nous renvoyons à nos travaux de 1869 pour les autres détails concernant nos méthodes d'observations.

([2]) C = carbone dans 1^{kg} de houille,
$0,000\,536\,v$ = carbone en poids dans 1000^{cc} de gaz,
v' = volume de CO^2 dans 1000^{cc} de gaz,
v'' = » de CO »
v''' = » de O »
H = hydrogène en poids dans 1^{kg} de houille,
O = oxygène »
S = soufre »
8 = équivalent de l'oxygène,
0,001 437, poids de 1^{cc} d'oxygène,
4,761, rapport en volumes entre l'air et l'oxygène qu'il renferme.

on obtient

$$V = 4,761(16353 \times 186 + 219,8) = 15\,525^{\text{lit}},$$

c'est-à-dire que nous avons consommé $15\,500^{\text{lit}}$ d'air à 0° et $0,760$ par kilogramme de houille brûlée.

» Les produits gazeux de la combustion renfermaient donc :

6122^{lit}	d'air en excès	39,5
1596^{lit}	d'acide carbonique	10,3
7782^{lit}	d'azote	50,2
15500^{lit}		100,0

» *Répartition des calories*. — La *vapeur*, à la température moyenne de 146° renfermait 651^{Cal} ; 1^{kg} de houille pure a vaporisé $10^{\text{kg}},440$ d'eau ; il y avait donc dans la vapeur

$$10,440 \times 651 = 6796^{\text{Cal}}.$$

» Les *produits gazeux* de la combustion renfermaient pour 1^{kg} de houille pure

	Eau.
$15^{\text{kg}},782$ d'air et d'azote à 0,237 cal. spéc.	$3^{\text{kg}},740$
$3^{\text{kg}},137$ d'acide carbonique à 0,217 cal. spéc.	$0^{\text{kg}},680$
	$4^{\text{kg}},420$

qui, portés à $108^{\circ},9$ (différence de température entre l'air extérieur, $20^{\circ},1$, et les produits gazeux de la combustion à leur sortie, 129°), ont gagné 481^{Cal}.

» Les *gaz combustibles* ayant fait défaut à peu près complètement (nous n'avons trouvé que 0,003 de CO, une seule fois), il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

» L'*eau en vapeur* dans les produits gazeux a deux origines : l'eau hygroscopique de la houille et l'eau formée aux dépens de son hydrogène. Les calories emportées par cette vapeur se calculent par la formule

$$x = (9\text{H} + \text{Aq})[(637 - t) + 0,475t'],$$

dans laquelle H représente l'hydrogène contenu dans la houille, Aq l'eau hygroscopique, t la température de l'air, t' l'excédent de la température de la vapeur sur 100°, 637 les calories nécessaires pour porter l'eau de 0° à 100°.

» On obtient ainsi :

$$0^{kg},4034[(637-20,1)+29\times0,475]=252^{Cal}.$$

» *Le rayonnement extérieur.* — Nous avons cherché à déterminer par une expérience directe le rayonnement extérieur en maintenant, pendant une durée de douze heures, la chaudière hermétiquement close à la même pression. Quoique cette expérience, de trop courte durée, entreprise sur une chaudière en service, ne soit pas des plus concluantes et donne certainement des résultats très inférieurs à la réalité, nous avons pensé qu'elle ne serait cependant pas sans intérêt. Nous avons trouvé par ce procédé une perte par rayonnement de 4,46 pour 100 environ, ce qui certainement est insuffisant.

Résumé de la répartition des calories.

Calories dans la vapeur	6603	74,50
» dans les gaz	481	5,42
» dans la vapeur d'eau des gaz	257	2,89
» perdus par rayonnement extérieur	395	4,46
	7736	87,27
Calories non retrouvées	1128	12,73
	8864	100,00

» C'est le résultat le plus complet que nous ayons constaté jusqu'ici. Il nous manque cependant encore 13 pour 100 des calories produites pendant la combustion de la houille. Nous pensons que c'est principalement du côté des pertes par rayonnement qu'il convient de chercher cette différence. »

CHIMIE. — *Sur les isoméries optiques de la cinchonine.* Note de MM. E. **Jungfleisch** et E. **Léger**, présentée par M. Berthelot.

« En 1853, M. Pasteur a montré que, sous l'influence simultanée de la chaleur et de l'acide sulfurique, la cinchonine dextrogyre et la cinchonidine lévogyre sont changées à peu près intégralement en un isomère faiblement dextrogyre, la cinchonicine; dans les mêmes conditions, la quinine lévogyre et la quinidine dextrogyre donnent la quinicine faiblement dextrogyre. M. Pasteur a interprété sa découverte de la manière suivante : La molécule de la quinine contient deux groupements actifs, l'un fortement lévogyre, l'autre faiblement dextrogyre; le second, plus stable, résiste aux

agents précités qui rendent le premier inactif. Dans la quinidine, le groupe le plus actif et le plus aisément modifiable est droit, comme le groupe stable lui-même. La quinicine, engendrée dans les deux cas, ne serait ainsi autre chose que de la quinine ou de la quinidine dans lesquelles un seul des groupes actifs constituants serait devenu inactif. La cinchonicine dériverait semblablement de ses deux isomères naturels.

» Il y a quelques années, l'un de nous, M. Jungfleisch, a établi que, sous l'influence de la chaleur, les acides tartriques actifs se changent simultanément en leurs deux variétés inactives, l'acide inactif par compensation et l'acide inactif par nature; ayant observé ensuite que différents corps actifs, en particulier les acides camphoriques, se conduisent de même, il a cru pouvoir généraliser ces faits. Diverses observations plus récentes ont confirmé cette manière de voir.

» Or, tandis que les expériences de M. Pasteur n'ont fait connaître qu'un seul isomère formé par chaque groupe d'alcaloïdes du quinquina, la généralisation précédente, appliquée à l'hypothèse que ces expériences ont suscitée, indique l'existence d'isomères nombreux; chacun des groupes plus ou moins actifs que l'on suppose coexister dans les molécules naturelles doit, en effet, par une modification conforme à la règle habituelle, engendrer deux groupes inactifs, l'un par nature, l'autre par compensation. Le dédoublement des inactifs par compensation multipliant encore les isoméries, on serait conduit ainsi à prévoir l'existence de seize isomères, soit lévogyres ou dextrogyres à des degrés variés, soit inactifs.

» Nous avons cherché à contrôler expérimentalement ces déductions. Nos recherches dans ce but ont porté sur plusieurs alcaloïdes. Nous exposerons en premier lieu les résultats fournis par la cinchonine.

» En répétant l'expérience de M. Pasteur, mais en variant les circonstances de température, de durée, de proportion des réactifs, etc., nous avons constaté que la cinchonicine formée diminue de quantité ou, le plus souvent, disparaît pour faire place à une série d'alcalis nouveaux, des variations assez faibles en apparence entraînant des changements considérables dans les produits. Nous indiquerons d'abord les faits observés dans des conditions particulièrement faciles à reproduire avec exactitude, même sur de grandes quantités de matière, ce dernier point étant indispensable à cause de la complexité des résultats; nous verrons plus tard comment ces faits se modifient avec les circonstances expérimentales.

» En dissolvant le sulfate de cinchonine *pur* et cristallisé dans quatre fois son poids d'un mélange à parties égales d'eau et d'acide sulfurique pur

($D = 1,84$), on obtient une liqueur incolore, entrant en ébullition à 120°; celle-ci étant chauffée dans un ballon muni d'un réfrigérant à reflux capable d'éviter toute perte d'eau, l'ébullition peut être prolongée indéfiniment sans que la température s'écarte de 120° et sans que le poids du mélange diminue. Ce qui suit correspond aux réactions accomplies à la température de 120° ainsi maintenue pendant quarante-huit heures.

» Le liquide chauffé présente une teinte ambrée, est limpide, ne se trouble pas en refroidissant. Dilué fortement et alcalinisé par la soude, il fournit un abondant précipité caséeux qui se change bientôt en une masse poisseuse, durcissant peu à peu, laquelle contient la plus grande partie du produit sous forme de bases libres. Parmi ces dernières, il ne nous a pas été possible de constater la présence de la cinchonine ou de la cinchonicine. La masse est formée presque exclusivement par six bases que nous avons réussi à isoler et qui forment toutes des sels très nettement cristallisés; les produits alcalins non encore caractérisés, qui les accompagnent, ne constituent qu'un résidu peu abondant. Ces six bases sont les suivantes :

» 1° La *cinchonibine*, $C^{38}H^{22}Az^2O^2$, insoluble dans l'éther, cristallisant de l'alcool bouillant en petites aiguilles prismatiques, à succinate peu soluble dans l'eau froide et constituant des cristaux très volumineux, dextrogyre ($\alpha_D = +175°,8$ en solution alcoolique à 0,75 pour 100).

» 2° La *cinchonifine*, $C^{38}H^{22}Az^2O^2$, insoluble dans l'éther, cristallisant de l'alcool bouillant en aiguilles très réfringentes, à succinate très soluble et cristallisé en aiguilles, dextrogyre ($\alpha_D = +195°,0$ en solution alcoolique à 0,75 pour 100).

» 3° La *cinchonigine*, $C^{38}H^{22}Az^2O^2$, soluble dans l'éther, formant dans ce véhicule de beaux prismes très réfringents, à chlorhydrate peu soluble à froid et très nettement cristallisé, lévogyre ($\alpha_D = -60°,1$ en solution alcoolique à 1 pour 100).

» 4° La *cinchoniline*, $C^{38}H^{22}Az^2O^2$, soluble dans l'éther et fournissant des cristaux extrêmement volumineux, caractérisée par son chlorhydrate en gros cristaux prismatiques très solubles et par son diiodhydrate insoluble, dextrogyre ($\alpha_D = +53°,2$ en solution alcoolique à 1 pour 100).

» Les quatre bases précédentes, isomères de la cinchonine, ont été dénommées d'après la nomenclature adoptée par M. Pasteur. Leur connaissance donne un certain intérêt aux considérations théoriques développées plus haut : elle porte à sept le nombre des isomères $C^{38}H^{22}Az^2O^2$. Nous ferons connaître les relations qu'elles présentent avec l'apocinchonine et la diapocinchonine. Les bases suivantes, isomères entre elles, ap-

partiennent à un autre groupe; ce sont des produits d'oxydation, formés, croyons-nous, par l'intermédiaire de dérivés sulfonés de la cinchonine, dérivés que l'eau changerait en corps oxydés.

» 5° L'*oxycinchonine* α, $C^{38}H^{22}Az^2O^4$, insoluble dans l'éther, soluble dans l'alcool dilué, cristallisable en aiguilles prismatiques, remarquable par la très faible solubilité de ses sels à hydracides, dextrogyre ($\alpha_D = +182°,56$ en solution alcoolique à 1 pour 100).

» 6° L'*oxycinchonine* β, $C^{38}H^{22}Az^2O^4$, insoluble dans l'éther, soluble dans l'alcool dilué, cristallisant en aiguilles groupées en sphères, formant des sels à hydracides très solubles et un succinate peu soluble, dextrogyre ($\alpha_D = +187°,14$ en solution alcoolique à 1 pour 100).

» Nous aurons l'honneur de soumettre à l'Académie, lors de sa prochaine séance, l'une des méthodes qui permettent de séparer ces divers alcalis, dont nous avons fait une étude détaillée. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Essai de diagnose des alcaloïdes volatils.* Note de M. Oechsner de Coninck, présentée par M. Berthelot.

« Voyons comment nous pourrons caractériser un alcaloïde pyridique, en suivant l'ordre des réactions que nous avons indiquées précédemment [1].

» Première réaction. — On obtiendra des solutions rouge foncé, dont la teinte sera avivée par les acides minéraux et organiques, détruite par les alcalis en excès. Ces solutions ne deviendront généralement pas fluorescentes.

» Deuxième réaction. — On obtiendra d'abord des couleurs neutres d'un rouge foncé, avivées par les acides, détruites par un excès d'alcali, dont les solutions dans différents véhicules (eau, éther, alcools) deviennent très fluorescentes au bout de dix à quinze heures environ. Ensuite il y aura formation de dihydrures pyridiques très réducteurs et doués d'une odeur tout à fait spéciale. Dans la dernière phase de la distillation, on pourra recueillir sur l'eau des carbures d'hydrogène.

» Troisième réaction. — On obtiendra des solutions douées d'une belle fluorescence; une partie de l'alcaloïde sera régénérée, une autre partie sera hydrogénée et l'hydrure formé aura des propriétés réductrices très énergiques.

---

(1) *Comptes rendus*, séance du 12 décembre 1887, p. 1180.

» QUATRIÈME RÉACTION. — Prenons pour exemple la pyridine, premier terme de la série. Dans la première phase, il y aura formation d'un sel double

$$\left[(C^5H^5Az, HCl)^2 + PtCl^4 + PtCl^2 \begin{matrix} \diagup C^5H^5AzCl \\ \diagdown C^5H^5AzCl \end{matrix}\right].$$

» Dans la deuxième phase, il se formera le sel modifié

$$(C^5H^5Az, HCl)^2 + PtCl^4 - 2HCl = PtCl^2(C^5H^5AzCl)^2.$$

» CINQUIÈME RÉACTION. — Le chloraurate formé sera plus stable, en général, que le sel de platine en présence de l'eau bouillante. Cependant, il peut perdre HCl (1^{mol}) dans certaines conditions (*Bulletin chimique*, numéro du 20 décembre 1885).

» SIXIÈME RÉACTION. — Il se formera principalement un dipyridyle. Dans le cas de la pyridine, on aura

$$2C^5H^5Az = C^{10}H^8Az^2 + H^2.$$

» Les dipyridyles sont, en général, des liquides épais, oléagineux, très peu solubles dans l'eau, plus denses que l'eau.

» *Alcaloïdes dihydropyridiques.* — Présenteront des réactions colorées, mais beaucoup plus fugaces, à cause de leurs propriétés éminemment réductrices. L'eau tiède pourra modifier leurs chloroplatinates; souvent elle les décomposera. On n'observe pas la formation du sel double précédant celle du sel modifié. Les chloraurates sont très rapidement réduits à froid.

» *Alcaloïdes hexahydropyridiques.* — Sous ce nom, on doit comprendre un grand nombre d'alcaloïdes bien connus (pipéridine, cicutine, etc.).

» Leurs iodométhylates, iodéthylates ne fournissent pas de réactions colorées; sels d'or et de platine, tantôt stables (pipéridine), tantôt instables (cicutine, etc.); ne sont pas polymérisés par le sodium. Ce métal en transforme quelques-uns en dérivés décomposables par l'eau, avec régénération de l'alcaloïde.

» *Alcaloïdes dipyridiques.* — Leurs iodométhylates fournissent des réactions colorées très nettes avec la potasse (*Comptes rendus*, numéro du 5 juillet 1886). Leurs sels de platine et leurs sels d'or sont tantôt stables (nicotine), tantôt instables (spartéine, etc.). Si la liqueur est franchement acide, la stabilité de ces sels est le plus souvent augmentée.

» *Alcaloïdes hydrodipyridiques.* — Donnent des réactions colorées analogues à celles des bases dipyridiques, mais naturellement plus fugaces.

Sels d'or et de platine très instables. Possèdent des propriétés réductrices.

» *Alcaloïdes quinoléiques*. — Leurs iodométhylates, iodéthylates, etc. fournissent aussi des réactions colorées, dues à la formation de *cyanines*, et donnent naissance à des matières colorantes bien cristallisées. Les sels d'or et les sels de platine sont stables en présence de l'eau bouillante. Les chloroplatinates ne subissent certaines modifications qu'au contact d'un excès de base libre. Sont polymérisés par le sodium.

» *Alcaloïdes tétrahydroquinoléiques*. — Réactions colorées fugaces, à cause des phénomènes de réduction. Sels d'or décomposés à froid; sels de platine plus stables, pouvant subir certaines modifications sous l'action de l'eau chaude.

» *Bases aromatiques*. — Leurs iodométhylates, etc., ne donnent pas de réactions colorées avec la potasse. Sels de platine et sels d'or très stables ou très instables en présence de l'eau. Ne sont pas polymérisées par le sodium.

» *Bases de la série grasse*. — Leurs iodométhylates, etc., ne fournissent pas de réactions colorées en milieu alcalin. Sels de platine et sels d'or généralement très stables en présence de l'eau. Ne sont pas polymérisées par le sodium. »

MINÉRALOGIE. — *Sur diverses substances cristallisées qu'Ebelmen avait préparées et non décrites*. Note de M. **Er. Mallard**, présentée par M. Daubrée.

« Après la mort si prématurée d'Ebelmen, sa veuve avait déposé à l'École des Mines, au Muséum et à la Manufacture de Sèvres, des échantillons des substances diverses préparées par l'illustre savant. En examinant la collection déposée à l'École des Mines, j'ai constaté qu'un grand nombre des corps qu'elle comprenait n'avaient pas été décrits par Ebelmen, et devaient sans doute servir de matériaux à un Mémoire qui, bien malheureusement pour la Science, n'a jamais été rédigé.

» J'ai regardé comme un devoir de sauver de l'oubli tout ce qu'on peut encore sauver de ce travail si fatalement interrompu par la mort. J'ai donc déterminé cristallographiquement les échantillons qui n'avaient pas été étudiés par Ebelmen ou qui l'avaient été incomplètement. M. Le Châtelier a bien voulu me prêter son concours pour la partie analytique.

» 1. Substances diverses. *Phénacite*. — Ce rare minéral, répondant, on le

sait, à la formule $SiO^2, 2GlO$, n'a pas encore été reproduit artificiellement. Cette reproduction avait été faite depuis de longues années par Ebelmen, en fondant la silice et la glucine avec le borax. Les cristaux, soigneusement isolés par lui, sont extrêmement petits, mais à faces très réfléchissantes. J'ai pu constater que ces cristaux sont des prismes hexagonaux, réguliers comme ceux du minéral. Ils ont, comme eux, le signe optique positif.

» *Chromite de glucine.* — On sait que la plupart des composés répondant à la formule M^2O^3, RO appartiennent au système régulier. L'aluminate de glucine, connu dans la nature sous le nom de *cymophane* et reproduit artificiellement par Ebelmen, fait seul exception; il possède une forme rhombique pseudo-hexagonale et montre les groupements caractéristiques de cette pseudo-symétrie.

» Il était intéressant de voir si cette dérogation à ce qu'on peut considérer comme la règle tient bien à la nature chimique du protoxyde. C'est évidemment dans le but de résoudre cette question qu'Ebelmen a produit le chromite de glucine Cr^2O^3, GlO en fondant l'oxyde de chrome et la glucine en présence de l'acide borique. La matière, débarrassée par Ebelmen de l'acide borique en excès, se présente sous la forme d'une poudre d'un vert foncé.

» Au microscope polarisant et sous un fort grossissement, on voit que cette poudre est composée de petits cristaux ayant exactement la forme et le mode de groupement de la belle variété de cymophane connue sous le nom d'*Alexandrite*.

» *Acides niobique et tantalique.* — Ebelmen avait indiqué qu'il avait obtenu ces substances à l'état cristallisé, mais il n'avait pas décrit les cristaux.

» J'ai constaté que les cristaux d'acide niobique, préparés par Ebelmen, sont de très petits prismes rhombiques possédant deux clivages perpendiculaires h^1 et g^1, avec des faces m faisant un angle de $140°50'$. Les paramètres horizontaux sont donc $0,355:1$ ou très sensiblement

$$\frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{2}}:1.$$

Il est ainsi très vraisemblable que la substance est pseudo-cubique, ce qui explique les cristaux d'apparence extérieure cubique obtenus par M. A. Knop ([1]).

([1]) *Zeit. für Kryst.*, t. XII, p. 610; 1887.

» Une bissectrice aiguë positive, à axes écartés, est perpendiculaire à h^1, le plan des axes étant p.

» Quant à l'acide tantalique, les prismes sont également rhombiques. Des mesures, seulement approximatives, m'ont permis de constater la présence des formes $g^1 h^1$, très développées, et celles des formes subordonnées m, g^2, g^3, g^5. L'angle mm est égal à 143° environ. M. Nordenskiöld a observé des faces prismatiques faisant un angle de 100°42'; elles correspondraient, dans ma notation, à la forme $g^{\frac{7}{3}}$. Je crois que l'on peut conclure à l'isomorphisme des acides niobique et tantalique.

» *Glucine.* — Ebelmen avait comparé la forme cristalline de la glucine, préparée par lui, à celle de l'alumine. J'ai étudié, plus complètement qu'il n'avait pu le faire, les cristaux laissés par lui, et j'ai constaté que les paramètres cristallographiques de la glucine sont $a : h = 1 : 1,6305$. Le signe optique, qui n'avait pas été déterminé par Ebelmen, est positif. Les paramètres de l'oxyde de zinc ZnO sont $a : h = 1 : 1,6034$, le signe optique étant aussi positif. C'est donc bien avec l'oxyde de zinc que la glucine est isomorphe malgré l'écart des volumes moléculaires; vol. $ZnO = 14,55$, vol. $GlO = 8,24$. On peut trouver là un argument de plus en faveur de la formule GlO, aujourd'hui généralement adoptée.

» 2. Borates. — *Borate d'alumine.* — Ebelmen avait annoncé la production d'un borate d'alumine cristallisé répondant à la formule $B^2O^3, 3Al^2O^3$, qu'il avait analysé sans le décrire. Les cristaux, soigneusement séparés de l'acide borique en excès, qu'a laissés Ebelmen, forment de belles aiguilles à faces très nettes, ayant la symétrie rhombique, et montrent la forme m prédominante, tronquée par les formes g^1 et h^1. L'angle des faces m est égal à 91°21'. La bissectrice aiguë positive est parallèle à la hauteur, le plan des axes étant parallèle à g^1.

» On ne connaît jusqu'ici dans la nature, au moins avec certitude, qu'un seul borate d'alumine, la Jéréméiéwite, dont la formule est $B^2O^3, 2Al^2O^3$, et qui est pseudo-hexagonal. C'est un très rare minéral, récemment découvert dans l'Oural en beaux cristaux qui ont été étudiés par MM. Damour et Websky.

» *Borates de magnésie et de sesquioxyde de fer.* — Une substance cristallisée ayant la formule $3B^2O^3, 2Fe^2O^3, 9MgO$ s'était présentée à Ebelmen au cours de ses recherches, et il en avait déterminé avec soin la composition, sans en décrire la forme. J'ai constaté que cet intéressant composé forme des prismes noirs, absolument opaques, à faces très réfléchissantes

et dont la symétrie est probablement rhombique. Ils montrent les formes m et h^1. L'angle des faces m est égal à 90°32′.

» La substance de même formule, mais avec remplacement de sesquioxyde de fer par celui du chrome, forme une poudre d'un brun très foncé qui, au microscope polarisant, avec un fort grossissement, paraît formée de petits prismes légèrement translucides et s'éteignant suivant la longueur, ce qui confirme la nature rhombique de la symétrie des composés de cette nature.

» *Borates de magnésie, de manganèse, de cobalt et de zinc.* — Ebelmen pensait que les acides borique et silicique sont analogues, et s'était proposé de démontrer cette analogie. Or il y a, on le sait, deux types principaux de silicates, l'un dans lequel l'oxygène de l'acide est égal à celui de la base (péridot), l'autre dans lequel l'oxygène de l'acide est double de celui de la base (enstatite, wollastonite et pyroxène). Ebelmen s'est ainsi trouvé conduit à constater l'existence de deux types analogues dans les borates. Il était en effet arrivé à produire ces deux types en fondant directement, en proportions convenables, l'acide borique et l'oxyde métallique. Les nombreux échantillons qu'il a laissés, se rapportant à cet ordre de recherches, témoignent du vif intérêt qu'il présentait à ses yeux.

» L'étude des préparations d'Ebelmen peut être encore aujourd'hui très profitable à la Science, car elle permet d'ajouter quelques données précises à l'histoire chimique de l'acide borique et des borates, encore bien imparfaitement connue.

» Ebelmen a produit à l'état cristallisé des borates tribasiques $B^2O^3, 3RO$ qu'on peut rapprocher du péridot, et des borates sesquibasiques $2B^2O^3, 3RO$, qu'on peut rapprocher de l'enstatite.

» 1° *Borates tribasiques.* — Les borates tribasiques formés sont ceux de magnésie, de manganèse et de cobalt. Ils sont tous rhombiques et parfaitement isomorphes entre eux.

» Les paramètres cristallographiques (incomplets pour les cristaux, non terminés, de borate de cobalt) sont les suivants :

$B^2O^3, 3MgO$	0,6412 : 1 : 0,5494	$mm = 114°40'$
$B^2O^3, 3CoO$	0,6461 : 1 : ?	$mm = 114.15$
$B^2O^3, 3MnO$	0,6511 : 1 : 0,5351	$mm = 113.52$

» Les faces m sont toujours des faces de clivage. La bissectrice aiguë positive est parallèle à la hauteur, le plan des axes étant g^1. Dans le borate de

magnésie, on a

$$2E = 43^\circ 18' \quad \text{et} \quad \rho > v.$$

Les indices principaux, pour la lumière de sodium, sont

$$1{,}6748, \quad 1{,}6537, \quad 1{,}6527.$$

» La composition de ces borates, déjà établie par Ebelmen, a été confirmée par une analyse de M. Le Châtelier qui, sur 100 parties du borate de manganèse, a trouvé $MnO = 73{,}5$. La théorie exigerait 75,3. La différence s'explique aisément, car il y a toujours un peu de borate sesquibasique mélangé.

» 2° *Borates sesquibasiques.* — Les borates sesquibasiques, $2B^2O^3, 3RO$, préparés, sont ceux de magnésie, de manganèse et de zinc. Ils sont isomorphes entre eux et tricliniques.

» Je n'ai pu déterminer complètement que les paramètres du borate de manganèse. Ils sont

$$1{,}8373 : 1 : 2{,}012,$$

$$xy = 76^\circ 26', \quad xz = 123^\circ 58', \quad yz = 92^\circ 6',$$
$$g^1 h^1 = 75^\circ 01', \quad ph^1 = 124^\circ 29', \quad pg^1 = 83^\circ 16'.$$

» Dans tous ces borates sesquibasiques, il y a un clivage nacré très facile suivant p, et un autre clivage, moins facile et vitreux suivant t. En outre, le clivage nacré est toujours à peu près perpendiculaire à un axe optique. J'ai pu déterminer presque complètement les constantes optiques du borate de manganèse; je crois devoir supprimer ici ces détails. Ils trouveront place dans le travail *in extenso* que doivent publier prochainement les *Annales des Mines*.

» La composition a été établie par deux analyses de M. Le Châtelier, Dans l'une, il a trouvé, sur 100 parties de borate de zinc, $ZnO = 62{,}5$, la théorie exigerait 63,5. Dans l'autre, sur 100 parties de borate de manganèse, il a trouvé $MnO = 61{,}0$, la théorie exigeant 60,3.

» Ebelmen avait aussi produit des mélanges isomorphes des borates tribasiques entre eux, et des borates sesquibasiques entre eux. J'ai étudié ces cristaux, qui satisfont aux lois ordinaires de l'isomorphisme.

» Enfin Ebelmen avait préparé le borate sesquibasique de chaux, et des mélanges, à équivalents égaux, de chaux et de magnésie ou de chaux et de manganèse. Il se proposait évidemment de comparer ces composés à la

Wollastonite et au pyroxène. Malheureusement les masses cristallines obtenues sont très confuses, et j'ai dû en abandonner l'étude. M. Le Châtelier et moi, nous nous occupons en ce moment d'essayer de compléter sur ce point les recherches d'Ebelmen. Nous espérons pouvoir présenter à l'Académie, si elle le permet, les résultats de notre travail, déjà fort avancé. »

MINÉRALOGIE. — *Note sur la reproduction artificielle de la pyrochroïte (hydrate manganeux cristallisé)*; par M. A. DE SCHULTEN, présentée par M. Fouqué.

« La synthèse de ce minéral, qui se trouve à Pajsberg et à Nordmarken, en Suède, peut être réalisée par l'emploi de la méthode dont je me suis servi pour faire cristalliser les hydrates de magnésium et de cadmium [1]. La seule précaution à prendre dans la préparation de l'hydrate manganeux cristallisé est d'éviter avec soin l'accès de l'air.

» Pour préparer l'hydrate manganeux cristallisé, j'opère de la manière suivante. Je dissous, dans une fiole en verre de Bohême, 300^{gr} de potasse à l'alcool dans 500^{cc} d'eau, je ferme la fiole avec un bouchon et, tout en faisant passer un courant d'hydrogène ou de gaz d'éclairage par la fiole, je chauffe la solution de potasse à l'ébullition pendant quelque temps pour en expulser l'air. Je laisse refroidir un peu la solution de potasse et, à l'aide d'un entonnoir à robinet, j'y verse goutte à goutte et sans introduire de l'air une dissolution récemment bouillie de 15^{gr} à 17^{gr} de chlorure manganeux cristallisé $MnCl^2 + 4Aq$ dans 15^{cc} d'eau. Je réchauffe la liqueur ensuite jusqu'à ce que l'hydrate manganeux soit complètement dissous, ce qui arrive vers 160°.

» La solution, qui est parfaitement limpide et légèrement colorée en brun, laisse déposer des cristaux de l'hydrate manganeux par le refroidissement et se prend en une masse solide. Pour séparer les cristaux sans qu'ils s'oxydent, on traite la masse solide par l'eau qu'on a fait bouillir récemment en ayant soin d'opérer toujours dans une atmosphère d'hydrogène. Les cristaux doivent être lavés à l'eau jusqu'à ce qu'ils soient complètement débarrassés de la potasse. On les lave ensuite avec de l'alcool et de l'éther et on les dessèche à une très douce chaleur dans le courant d'hydrogène.

(1) Voir *Comptes rendus*, t. CI, p. 72.

» Si l'on remplace la potasse par la soude dans les opérations précédentes, l'hydrate manganeux ne se dissout pas. Même en chauffant une dissolution de 100gr de soude caustique dans 25cc d'eau avec seulement 1gr de $MnCl^2 + 4Aq$, jusqu'à la température de l'ébullition, environ 200°, je n'ai pu obtenir une dissolution limpide ; mais, en examinant au microscope le précipité d'hydrate manganeux obtenu dans cette opération, j'ai reconnu qu'il était transformé en très petits cristaux semblables à ceux qui étaient préparés au moyen de la potasse.

» L'hydrate manganeux cristallisé se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique et dans une solution de chlorure d'ammonium. Chauffés au rouge, à l'air, les cristaux se transforment en oxyde manganoso-manganique brun, en conservant leur forme extérieure. Quand on les chauffe dans un courant d'hydrogène, ils perdent leur eau de constitution et donnent un résidu d'oxyde manganeux, qui est vert à chaud et gris à froid. La perte s'élève à 19,71 pour 100 [calculé pour $Mn(OH)^2$ 20,22 pour 100]. La composition des cristaux est celle de l'hydrate manganeux, ainsi que le montrent les nombres suivants, donnés par l'analyse :

	Trouvé.	Calculé.
MnO..........	79,65	79,78
H^2O..........	20,09	20,22
	99,74	100,00

» Dans cette analyse, l'eau a été déterminée par la calcination de la matière à l'air.

» La pyrochroïte artificielle se présente en prismes hexagonaux réguliers, très aplatis, d'environ 0mm,2 de diamètre. Les cristaux sont parfaitement transparents et ont une légère teinte rougeâtre. A l'état pur ils ne ne s'oxydent à l'air que très lentement; mais, en présence de traces d'alcalis, ils s'altèrent beaucoup plus vite au contact de l'air et se colorent en brun, puis en noir. D'après M. Igelström, la pyrochroïte naturelle est blanche à l'état inaltéré et elle s'oxyde bientôt à l'air en devenant noire. La densité des cristaux s'élève à 3,258 à 15°.

» En examinant un cristal à plat au microscope, en lumière polarisée parallèle entre les nicols croisés, on voit qu'il demeure éteint dans toutes les positions. En lumière polarisée convergente, il présente la croix des cristaux à un axe. Cet axe est négatif comme dans les cristaux naturels (1).

(1) G. Flink, *Bihang till Svenska Vetenskaps-Academiens Handlingar,* Band XII, Afd. II (1887).

L'hydrate de cadmium est aussi négatif, tandis que l'hydrate de magnésium est positif, soit qu'il soit obtenu artificiellement ou produit par la nature. »

MINÉRALOGIE. — *De quelques pseudomorphoses d'enveloppe des mines de plomb du Puy-de-Dôme*. Note de M. **Ferd. Gonnard**, présentée par M. Fouqué.

« Les diverses mines du Puy-de-Dôme m'ont offert un certain nombre de pseudomorphoses, dont, à ma connaissance, il n'a pas été fait mention, et dont l'intérêt me semble justifier la présente Note.

» Ces pseudomorphoses, dites d'*enveloppe*, ou, pour les désigner par l'expression plus brève, proposée par Schéerer et reprise par Kenngott, ces périmorphoses se composent, comme on sait, de croûtes, le plus souvent cristallines, quelquefois amorphes, ordinairement assez minces, dont un minéral quelconque revêt un autre minéral. Le premier, enveloppant le second, en reproduit nécessairement la forme, d'une façon d'autant plus nette que la croûte est plus mince; et, si cette forme est caractéristique du minéral enveloppé, elle sert à faire deviner la nature de ce dernier, alors qu'il a disparu.

» Parmi ces périmorphoses, l'une des plus fréquentes dans les galeries de Roure est celle que réalise la pyromorphite brune, pseudomorphosant la cérusite et la galène. Sur ce dernier minéral, le dépôt de pyromorphite est tellement mince, que la périmorphose laisse voir la couleur des cristaux enveloppés. Pour la cérusite, le dépôt de pyromorphite est plus épais, et, si l'on vient à le briser, on reconnaît que, le plus souvent, l'enveloppe est absolument creuse et qu'elle reproduit, avec beaucoup de fidélité, la forme des cristaux simples ou maclés de cérusite. Des stalactites de même nature se sont parfois développées à l'intérieur de cette enveloppe, à partir de la paroi interne; d'autres fois, on y trouve un cristal de cérusite altérée, à arêtes arrondies et à faces striées. Ainsi, la cause qui a produit d'ordinaire la destruction de la cérusite n'a pas toujours eu son entier effet. Au reste, la disparition de la cérusite de cet intérieur s'explique aisément; il n'est pas hermétiquement clos. Les périmorphoses de pyromorphite ne reposent pas, d'une manière continue, sur les masses cristallines qu'elles ont recouvertes et masquées, ou encore (car ce phénomène a eu des actes

répétés) sur des périmorphoses antérieures de galène et de quartz, sur lesquelles elles se sont irrégulièrement développées; elles laissent de nombreux passages de sortie pour le minéral enveloppé, lorsqu'il subit l'action d'un dissolvant.

» Pour le noter en passant, ces altérations, sur la cause desquelles je me propose de revenir ultérieurement, ne sont pas rares dans le district minier de Pontgibaud, et atteignent non seulement les cristaux de la cérusite et de la galène de Roure, mais encore ceux de la bournonite et de la tétraédrite de Pranal.

» A côté des périmorphoses minces précitées, la pyromorphite de Roure forme parfois des revêtements d'une certaine épaisseur sur la galène; ceux-ci sont à structure compacte, et, à la surface seulement, se hérissent de cristaux prismatiques, dans lesquels on reconnaît, à la loupe ou même à simple vue, les prismes hexagonaux, formant ces groupements à axes parallèles si fréquents dans cette espèce. C'est donc à peine si, comme le fait remarquer Zirkel [*Elemente der Mineralogie* (*Naumann-Zirkel*, deuxième édition; 1881)], on peut donner à ces formations le nom de *pseudomorphoses,* dans l'acception rigoureuse du mot.

» Une autre pseudomorphose, de composition différente, est celle que forme le sidérose, qui, avec la blende, le quartz et la baryte, est la gangue ordinaire des minerais de la Brousse, Rosiers, Roure, Pranal, etc. Je tiens de M. Trencar, chimiste des fonderies de Pontgibaud, un échantillon de sidérose blond, assez remarquable à cet égard. Il est formé de prismes hexagonaux surmontés d'un rhomboèdre obtus; l'un de ces prismes a 12^{mm} de diamètre. La calcite ne se trouve pas au nombre des gangues habituelles du minerai de la Brousse, provenance de cet échantillon; on ne saurait, par conséquent, rapporter à cette espèce le minéral originaire. La croûte enveloppe est visiblement constituée par l'agglomération de très petits rhomboèdres, orientés suivant la même direction. Les masses ainsi disposées sur la galène sont creuses, et M. Trencar, les ayant percées à l'aide d'un poinçon, a constaté qu'elles étaient remplies d'un liquide, que malheureusement il n'a pu recueillir; mais, la nature du dépôt, qui subsiste encore à l'intérieur sur les parois de l'enveloppe, autorise la supposition que c'était une solution de carbonate de fer. Or, le sidérose, étant rhomboédrique, peut présenter la combinaison $b^1 d^1$, bien que les auteurs ne l'indiquent pas, alors qu'elle est, au contraire, fréquente dans la calcite; le sidérose serait donc ici pseudomorphique sous une forme qui peut lui

appartenir. Bien que Delesse ait déjà fait, dans ses Tableaux [*Recherches sur les pseudomorphoses* (*Annales des Mines*, 5e série, t. XVI; 1859)], mention de pseudomorphoses de sidérose, où ce minéral est tout à la fois enveloppant et enveloppé, le cas présent n'est pas moins à retenir, au moins pour la minéralogie locale.

» A Châteauneuf, sur la Sioule, où, depuis quelques années, la galène est l'objet de travaux de recherches, le minerai offre les mêmes gangues qu'à Pontgibaud, avec un peu de calcite en plus. J'ai trouvé sur des échantillons de cette localité des pseudomorphoses différentes de celles de la Brousse, mais auxquelles je puis encore appliquer la même observation. Ce sont de petits cristaux, de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre, de couleur blonde, à faces rugueuses et courbes. Ils présentent la triple combinaison pb^1a^1. Les faces b^1 sont fortement striées parallèlement aux côtés du triangle de la base. Le vide de la pseudomorphose se devine, sans qu'il soit nécessaire de la briser, à cause de la translucidité des cristaux plus forte au milieu des faces que sur les bords; d'ailleurs, certains de ces cristaux sont en parties cassés, et montrent l'épaisseur de la croûte cristalline. On n'aperçoit aucune trace du minéral originaire dans l'intérieur de ces enveloppes.

» Enfin, je tiens du frère Adelphe, de Clermont-Ferrand, une dernière périmorphose intéressante provenant de la mine de plomb d'Auzelle, près de Saint-Amant-Roche-Savine. Le minéral pseudomorphique est ici la pyrite; la détermination du minéral originaire, bien que celui-ci n'ait laissé aucune trace de son existence, se fait aisément; c'est la calcite. Cette supposition est justifiée par la forme de la pseudomorphose, qui est le rhomboèdre b^1 de ce minéral, et par l'existence du calcaire parmi les gangues de la galène d'Auzelle. La pyrite est cristallisée, et les cristaux constituant par leur agrégation la périmorphose offrent la combinaison du cube et du dodécaèdre pentagonal; ils sont agglomérés d'une façon irrégulière, et l'enveloppe qu'ils forment, et dont les arêtes n'ont pas moins de 10^{mm} à 12^{mm} de long, repose sur un quartz cristallisé sublaiteux, recouvert en outre çà et là de quelques cristaux isolés ou de groupes de cristaux de la même pyrite. »

ZOOLOGIE. — *Sur quelques points de l'embryogénie et du système nerveux des Lépadogasters.* Note de M. FRÉDÉRIC GUITEL [1], présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Dans l'œuf du *Lepadogaster Gouanii*, vingt-quatre heures après le commencement de la segmentation, qui n'offre rien de particulier à signaler, le blastoderme est constitué sous la forme d'une calotte. Le deuxième jour il s'étend sur le vitellus, et le troisième jour la bague embryonnaire est bien développée : le rudiment de l'embryon apparaît dirigeant son extrémité antérieure vers le pôle où s'est formé le blastoderme. Le quatrième jour, l'embryon s'allonge de plus en plus, les rudiments oculaires sont très saillants : ils se dépriment bientôt, l'oreille apparaît ainsi que la vésicule de Kupffer; les somites sont au nombre de six à dix, et, le sixième jour, le cristallin est presque totalement inclus dans l'œil; la vésicule de Kupffer a disparu et l'on compte environ quinze somites. A ce moment, les chromatophores apparaissent sur les côtés du corps, le cœur commence à battre, mais le sang ne circule pas encore; au septième jour, la circulation s'établit, les chromatophores augmentent, la queue se détache du vitellus et l'embryon commence à avoir des contractions musculaires. Du huitième au neuvième jour, la circulation devient plus active, la queue se dégage de plus en plus, les pectorales font leur apparition, les yeux se couvrent de pigment, le cœur se divise en oreillette et ventricule, la queue s'allonge beaucoup. Du dixième au onzième jour, la vessie natatoire se voit sur les coupes, les pectorales grandissent. Les douzième, treizième et quatorzième jours, les pectorales commencent à se mouvoir, la circulation de la vésicule ombilicale devient très active, les yeux prennent l'éclat métallique. Le dix-huitième jour, les pectorales sont très développées, situées immédiatement derrière l'oreille, qui est elle-même intimement adossée à l'œil, et déjà de structure complexe. Enfin, le vingtième jour, les embryons élevés en captivité éclosent, mais ils ont encore une grosse vésicule ombilicale, et leur éclosion est très prématurée.

---

[1] Ce travail, commencé au laboratoire de Roscoff (Finistère), a été continué à Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales).

» Le développement des *L. Candollii*, *bimaculatus* et *Wildenowii* ne diffère guère de celui du *L. Gouanii* que par le mode d'apparition des chromatophores, particulier à chacune de ces trois espèces.

» L'œuf très jeune du *L. Candollii* a un grand nombre de ses vésicules graisseuses d'un bleu intense; elles se décolorent par la suite. Les pontes développées en liberté et récoltées à un stade avancé me donnaient des éclosions prématurées; mais j'ai pu me procurer ainsi des embryons beaucoup plus âgés que ceux qui provenaient des pontes élevées en captivité.

» Ces embryons, âgés de vingt-cinq à trente jours, mesurent 6^{mm} de long et $0^{mm},9$ à 1^{mm} de haut; ils ont la tête très grosse, presque prismatique dans sa forme générale; derrière la tête, le corps se rétrécit brusquement, puis s'amincit progressivement jusqu'à l'extrémité caudale. Le corps de ces embryons est couvert de chromatophores jaunes, noirs et rouges, qui lui donnent une livrée facile à reconnaître. Les jaunes, au nombre de six à sept de chaque côté, sont les plus grands et sont disposés le long de la corde; les noirs, beaucoup plus nombreux et plus petits, existent sur presque toute l'étendue du corps, sauf sur le dernier tronçon de la queue et sur certaines parties de la tête; les rouges, très petits, sont dispersés entre les noirs. *Tous ont des mouvements de contraction g d'extension très rapides et faciles à observer sous le microscope*. Pendant la contraction, ils sont foncés; quand ils s'étoilent, ils deviennent beaucoup plus clairs. Le manque d'oxygène, les vapeurs d'éther, la fumée de tabac, etc., produisent l'étoilement des chromatophores.

» L'intestin, ouvert à ses deux extrémités, présente trois portions : une buccale, une stomacale et une rectale. Au niveau de la jonction des deux premières portions, un peu en avant du foie, qui est très volumineux, se trouve une vésicule ovoïde gonflée de gaz, blanche à la lumière transmise et noir foncé sous le microscope. *Cette vésicule, située entre le tube digestif et la corde est la vessie natatoire*. Elle se développe du dixième au onzième jour de la vie embryonnaire. Peu de temps après l'apparition du foie et un peu en avant de lui, l'intestin s'évagine du côté dorsal. Cette évagination augmente, se dilate, puis s'étrangle : la cavité de la vessie communique pendant quelque temps avec celle de l'intestin par un très étroit canal; mais toute communication disparaît vers le treizième jour. Ce n'est que plus tard que la vessie se gonfle de gaz.

» *On sait que les Lépadogasters adultes sont privés de vessie natatoire : celle de l'embryon s'atrophie donc complètement dans la suite du développement.*

» Les pectorales apparaissent vers le huitième jour comme de petits

bourgeons saillants en arrière de l'oreille, sur la vésicule ombilicale ; elles s'élèvent peu à peu et, lors de l'éclosion, elles mesurent le $\frac{1}{8}$ de la longueur totale de l'embryon et sont situées immédiatement derrière l'oreille. Leur cartilage émet à sa partie inférieure une tige cylindrique qui se dirige d'avant en arrière, de haut en bas et de dehors en dedans; elle mesure $\frac{12}{100}$ de millimètre de longueur et se trouve située sur le côté de la vésicule ombilicale.

» Or, quand on regarde l'embryon en dessous, on aperçoit *entre les pectorales, sur la vésicule ombilicale, deux ailerons musculaires fortement saillants sur les côtés, situés immédiatement en arrière de la racine des pectorales et mesurant $\frac{13}{100}$ de millimètre (le $\frac{1}{5}$ de la longueur des pectorales). Le prolongement cartilagineux de la pectorale les suit dans toute leur longueur et cesse en même temps qu'eux.* Je n'hésite pas à considérer ces ailerons interpectoraux comme les premiers rudiments de l'appareil ventousaire; mais je n'ai pu les suivre assez longtemps pour les voir donner naissance à cet appareil.

» Les membres du *Lepadogaster Gouanii* sont innervés de la façon suivante : 1° les pectorales reçoivent leurs nerfs d'un plexus formé par une branche du grand hypoglosse et par les deux premières paires de nerfs spinaux; 2° les troisième et quatrième paires spinales se rendent à la ventouse antérieure; 3° la ventouse postérieure est innervée par les cinquième et sixième paires de nerfs spinaux et par un mince filet de la quatrième paire. Cette disposition plaide en faveur de l'hypothèse qui fait de la ventouse antérieure une dépendance de la pectorale (*coracoïdien*) de Cuvier.

Mais, en étudiant un très jeune *Lepadogaster Candollii*, long seulement de 10^{mm} et ayant déjà les caractères *extérieurs* de l'adulte, j'ai pu voir que les deux os de la ventouse antérieure ont à ce moment la structure des cartilages les mieux caractérisés, les cartilages branchiaux par exemple, tandis que l'os de la petite pectorale et les deux os de la ventouse postérieure sont absolument analogues, comme structure, à l'huméral, qui est un os de membrane.

» *Ces faits apportent un argument d'une grande valeur en faveur de l'hypothèse la plus généralement admise, qui consiste à homologuer d'une part la ventouse antérieure avec les ventrales, d'autre part les petites pectorales et la ventouse postérieure avec le coracoïdien, qui est un os de membrane.* »

ZOOLOGIE. — *Sur le système lacunaire dit* sanguin *et le système nerveux des Holothuries*. Note de M. **Edgard Hérouard**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« 1° *Système lacunaire dit* sanguin. — Le système lacunaire, dit *sanguin*, n'est pas confiné au pourtour de l'intestin chez les Holothuries, et, pour se faire une idée exacte de sa constitution, il importe de savoir que la paroi du corps se compose de trois zones principales, une externe ou conjonctive, une moyenne ou cellulaire, et une interne ou musculaire, et que les parois de tous les organes peuvent être considérées de même comme formées de trois zones principales, la zone moyenne étant toujours une zone cellulaire passant d'un organe à l'autre. C'est précisément cette zone moyenne qui est, à proprement parler, une *lacune générale* remplie d'éléments figurés, considérés comme éléments du sang, qui forme à elle seule toute la cavité du système sanguin. Cette lacune générale acquiert, en certains endroits, par suite de l'écartement plus accentué des deux zones entre lesquelles elle est contenue, une importance plus considérable, qui lui donne l'apparence de vaisseaux.

» Dans la paroi du corps, la lacune générale contient à son intérieur une couche continue formée d'éléments nerveux (troncs radiaux et leurs branches) assemblés par du tissu conjonctif. Cette couche nerveuse, dans laquelle est contenu aussi le canal nervien radial, adhère par toute sa face interne à la zone musculaire, sauf le long des vaisseaux du système aquifère; d'où il résulte qu'il existe le long de ceux-ci un espace lacunaire radial appartenant toujours à la zone moyenne des téguments, et qu'on peut considérer la lacune générale de la paroi comme divisée par la couche nerveuse en deux systèmes de lacunes, l'un externe qui s'étend sur tout le pourtour du corps, l'autre interne formé de cinq bandes radiales.

» Ces lacunes radiales rejoignent dans la paroi de l'appareil aquifère central la lacune générale, qui forme en cet endroit un anneau sanguin diffus, accolé à la face postérieure et interne de l'anneau aquifère. Cet anneau sanguin périœsophagien communique avec la cavité d'un organe formé de tissu aréolaire, situé à la base du canal du sable, et qui représente la glande ovoïde des autres Échinodermes, et, en outre, avec la lacune générale de l'intestin, par l'intermédiaire des tractus périœsophagiens. A

l'extrémité postérieure du corps, la zone moyenne des téguments est en rapport avec la zone correspondante de l'intestin, par l'intermédiaire des tractus péricloacaux.

» Le système lacunaire sanguin, ainsi constitué, baigne tous les organes, et reste entièrement séparé du système aquifère et de la cavité générale.

» 2° *Système nerveux*. — Le tronc nerveux radial présente, chez les Holothuries, deux portions séparées l'une de l'autre par une lame conjonctive, parallèle à la paroi du corps. Suivant toute apparence, la portion externe doit être un centre sensitif et la portion interne un centre moteur.

» On a cru jusqu'ici que, vers l'extrémité antérieure du corps, ces deux portions se réunissant formaient un seul tronc qui allait rejoindre l'anneau nerveux. Il n'en est rien : la portion externe seule rejoint cet anneau, tandis que la portion interne, avant d'arriver à la hauteur de l'anneau calcaire, se bifurque symétriquement au plan radial, et les deux branches résultant de cette bifurcation se recourbent, et gagnent les muscles rétracteurs, vers leurs points d'insertion à l'anneau calcaire.

» Ces branches qui se détachent du tronc nerveux radial sont de deux espèces : les unes courent dans les interradius, où elles constituent par leur enchevêtrement un véritable plexus, qui est l'homologue du plexus superficiel du test des Oursins ; les autres, plus volumineuses, courent le long des tubes ambulacraires, et se comportent envers la paroi de ces tubes, comme les troncs nerveux radiaux envers la paroi du corps. L'ensemble de ces éléments nerveux forme la couche nerveuse, dont j'ai indiqué les rapports plus haut. Les branches, quelles qu'elles soient, se détachent toujours des bords latéraux du tronc radial ; les deux portions de celui-ci entrent dans leur composition, mais dans les branches des tubes ambulacraires, c'est la portion externe qui domine ; dans les branches interradiales au contraire, c'est la portion interne.

» De la face externe de ce plexus interradial, qui, par sa face interne, est en rapport avec les muscles circulaires, se détachent des filets nerveux qui, pénétrant normalement dans la zone externe des téguments, vont aboutir à la périphérie.

» Le tronc nerveux radial des Holothuries n'est pas situé au milieu d'un canal qu'il diviserait en deux portions, l'une interne, l'autre externe. La portion interne seule mérite le nom de *canal ;* car, dans la lumière de la portion externe, qui est l'homologue du canal intranervien du tronc radial,

des Oursins, sont tendues des fibres conjonctives qui pénètrent dans le tronc nerveux, et vont rejoindre la lamelle conjonctive qui la traverse transversalement ([1]). »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la* Testudo perpiniana *Depéret, gigantesque Tortue du pliocène moyen de Perpignan.* Note de MM. **Ch. Depéret** et **Alb. Donnezan**, présentée par M. Albert Gaudry.

« La grande Tortue pliocène, dont le squelette vient d'arriver au Muséum de Paris, n'est pas le premier sujet de la même espèce qui ait été découvert dans les limons pliocènes du Roussillon. Depuis une dizaine d'années, trois carapaces plus ou moins entières avaient été trouvées dans les briqueteries situées à peu de distance des portes Canet et Saint-Martin, à Perpignan; l'une d'elles, incomplète en avant, est conservée au musée de cette ville; sa longueur est de $0^{m},75$. En 1885, M. E. Pépratx trouvait au mas Belrich, non loin d'Elne, des fragments de carapace et des os des membres d'un sujet de très grande taille. L'un de nous ([2]) a déjà décrit sommairement et figuré quelques-unes de ces pièces, en les attribuant à une Tortue terrestre nouvelle, qu'il a appelée *Testudo perpiniana*.

» En ajoutant à ces découvertes celle du magnifique sujet qui vient d'être exhumé des argiles du fort du Serrat, à Perpignan, on doit penser que cette belle espèce a dû être commune en Roussillon à l'époque où vivaient dans ce pays le *Mastodon arvernensis*, le *Rhinoceros leptorhinus*, le *Macacus priscus*, c'est-à-dire les animaux du pliocène moyen ou étage *astien*.

» La taille de ce dernier sujet est gigantesque et dépasse celle de toutes les Tortues de terre actuelles ou récemment éteintes. Sa carapace mesure en ligne droite $1^{m},20$, le diamètre transverse maximum étant de 1^{m}; le pourtour de cette carapace compte $3^{m},85$. Dans la plus grande des Tortues géantes actuelles, la *T. elephantina* d'Aldabra, la carapace atteint à peu près 1^{m}. Cependant la Tortue signalée par M. le professeur Gaudry dans les limons miocènes du Léberon devait, à en juger par une portion de

---

([1]) Ce travail a été poursuivi durant deux années, dans les laboratoires Arago et de Roscoff.

([2]) Ch. Depéret, *Desc. bass. tert. Rouss.* (*Ann. Sc. géol.*, 1885, p. 214, Pl. IV, fig. 13-14).

tibia conservée au Muséum de Paris, atteindre la taille de la Tortue du Roussillon.

» La carapace de la *T. perpiniana* est de forme ovale rectangulaire, élargie, un peu dilatée en arrière; son profil est faiblement, mais régulièrement convexe, sauf dans la partie postérieure qui est déprimée et fuyante. Elle est moins bombée que dans la plupart des Tortues géantes et, en particulier, que dans les espèces de l'archipel d'Aldabra et dans celui des Galapagos. C'est seulement parmi les espèces éteintes des Mascareignes (*T. triserrata* de Maurice, *T. Vosmœri* de Rodriguez) et de Madagascar (*T. Grandidieri*) que l'on voit des carapaces aussi déprimées que celle de la *T. perpiniana*. Cette forme surbaissée, bien qu'elle puisse avoir été exagérée par la pression des couches d'argile, existe dans tous les sujets que j'ai vus de cette espèce, et elle annonce peut-être un habitat moins exclusivement terrestre que celui des Chersites en général.

» Les affinités de la *T. perpiniana* avec les Tortues de Maurice se révèlent encore dans d'autres détails de la carapace; celle-ci, comme dans les *T. inepta* et *triserrata*, est relativement mince, et les plaques osseuses s'épaississent seulement vers les bords; sa surface est lisse, dépourvue des grosses bosselures si apparentes chez les *T. elephantina*, *elephantopus Grandidieri*, et à un degré moindre dans les autres espèces d'Aldabra et des Galapagos.

» Le bombement que l'on remarque sur la dernière plaque vertébrale, et qui est destiné à loger la queue de l'animal, est très prononcé dans l'espèce pliocène; il en est de même, avec une forme un peu différente, chez les Tortues de Maurice et de Madagascar. Ce bombement caudal est bien moins saillant ou fait même défaut dans les autres espèces de Tortues géantes.

» La plaque nuchale est absente dans la Tortue du Roussillon, caractère qui suffirait à la distinguer de toutes les espèces d'Aldabra, mais qui est commun avec toutes les autres Tortues géantes.

» Le plastron de la *T. perpiniana* est très développé; il égale la longueur de la carapace, qui est de $1^{m},20$. Un pareil développement du sternum éloigne la Tortue pliocène des Tortues de Maurice, remarquables par la brièveté de leur plastron. C'est seulement dans les *T. elephantina* et *ponderosa*, d'Aldabra, et dans la *T. nigrita* américaine que l'on observe des plastrons aussi grands en proportion que chez la Tortue de Perpignan; encore, dans ces espèces, la longueur du plastron est-elle notablement moindre que celle de la carapace.

» Il résulte de cette grandeur du plastron que les deux ouvertures de la boîte osseuse sont assez étroites dans la *T. perpiniana*.

» Le prolongement antérieur du plastron ressemble beaucoup à celui de la *T. triserrata*, de Maurice; il est large, épaissi en avant sur son bord libre; son extrémité est mousse et tronquée, partagée en deux gros bourrelets par une échancrure médiane peu profonde. La partie antérieure du sternum est à peu près semblable dans les Tortues d'Aldabra, mais toujours de forme moins élargie. Dans les Tortues de Rodriguez, de Madagascar et des Galapagos, la pointe antérieure du sternum est encore plus étroite et plus grêle.

» L'écaille gulaire était probablement simple dans la *Testudo perpiniana*, bien qu'il soit difficile de se prononcer à cet égard en toute certitude sur des pièces fossiles; ce caractère ne se trouve que dans les espèces de Maurice, à l'exclusion des autres Tortues géantes.

» Le prolongement postérieur du sternum est large et profondément excisé en arrière par une échancrure rectangulaire.

» La tête de la *T. perpiniana* est grosse, si on la compare à celle des autres Tortues géantes, qui ont, en général, une petite tête. Le profil de la région frontale, au lieu d'être fortement bombé comme dans les espèces d'Aldabra, est à peine convexe; le profil supérieur du crâne se continue en pente douce avec le profil de la région nasale, qui est un peu concave. Dans l'ensemble, la forme de la tête ressemble plus à celle de la *T. inepta*, de Maurice, qu'à celle des autres espèces des Mascareignes et de l'archipel américain.

» Les os des membres, en particulier l'humérus et le fémur, ne sont pas aussi trapus que dans les espèces du groupe de l'Éléphantine; ils se rapprochent par leurs proportions des os des *T. inepta, triserrata*, de Maurice; des *T. elephantopus, ephippium*, des Galapagos, sans être aussi grêles que ceux de la *T. Vosmœri*, de Rodriguez. Les phalanges unguéales sont remarquables par leur forme étroite et allongée qui contraste avec la largeur et la forme triangulaire de ces phalanges dans la *T. elephantina*.

» En résumé, la *T. perpiniana* ne peut être comprise dans aucun des grands groupes géographiques dans lesquels ont été classées les Tortues géantes actuelles, mais elle présente quelques traits communs avec chacun d'entre eux. Ses affinités les plus frappantes sont pour les Tortues de Maurice (*T. inepta* et *triserrata*), avec lesquelles elle possède en commun : la forme de la carapace déprimée et lisse, quoique moins étroite que dans ces espèces; la minceur relative des plaques vertébro-costales; l'existence d'un

fort bombement caudal; l'absence de plaque nuchale; l'existence d'une écaille gulaire simple; la faible convexité de la région frontale; la forme générale du profil cranien; la gracilité relative des membres. Elle diffère surtout de ces espèces par le grand développement de son sternum qui la rapproche de quelques-unes des Tortues d'Aldabra et des Galapagos. »

PHYSIOLOGIE. — *Analyse de l'action physiologique de la cocaïne.* Note de M. **Marc Laffont**, présentée par M. Brown-Séquard.

» .... Lorsque l'action analgésiante de la cocaïne revint à l'ordre du jour, en 1884, Vulpian, MM. Laborde, Grasset étudièrent à nouveau l'action de la cocaïne et observèrent ses effets sur la pression artérielle, la dilatation de la pupille; ils notèrent également son pouvoir convulsivant, déjà étudié en Allemagne. Vulpian signala plus particulièrement l'ivresse spéciale provoquée par l'injection intra-veineuse de cet alcaloïde, et M. Laborde, la persistance de l'anesthésie périphérique. J'ajouterai que Sprimont, Halsted et Hall signalèrent l'action de cet alcaloïde sur le péristaltisme de l'estomac et de l'intestin, enfin que Schilling considéra le nitrate d'amyle comme l'antagoniste du chlorhydrate de cocaïne.

» Cependant, aucun de ces observateurs n'avait analysé l'action de cette substance et expliqué le mode de production de tous ces phénomènes physiologiques ou morbides. J'ai entrepris cette étude et vais en exposer les résultats.

» *Méthode expérimentale.* — Sur différents animaux (chiens, chats, lapins) on isole le nerf vague, le sympathique, le nerf, la veine et l'artère cruraux; on met cette dernière en rapport avec un manomètre sphygmoscopique, et l'on note à l'état physiologique : le rythme cardiaque, l'état de la pression artérielle, l'intensité des réflexes sensoriels (retentissement sur le cœur et la pression artérielle de l'irritation des narines par des vapeurs d'ammoniaque) et sensitifs (effets sur la pression et le rythme cardiaque, de l'écrasement des orteils); on s'assure également de l'intégrité de la fonction d'arrêt cardiaque par excitation du nerf pneumogastrique. Ceci fait, on pousse lentement dans la veine crurale une injection de chlorhydrate de cocaïne en solution, à dose physiologique (0,002 par kilogr.) ou toxique (à partir de 0,005 par kilogr.).

» Les effets de cette injection à dose physiologique sont les suivants, que je décris par ordre d'apparition :

» 1° Diminution de la pression artérielle et de la fréquence des batte-

ments du cœur, cette dernière par action immédiate d'insensibilisation sur la surface de l'endocarde.

» 2° Augmentation considérable de la pression artérielle et fréquence plus grande des battements du cœur par excitation des nerfs sympathiques accélérateurs et vaso-constricteurs.

» 3° Dilatation de la pupille, projection du globe oculaire par action sur la capsule oculo-orbitaire à fibres lisses.

» 4° Contraction énergique de tous les muscles à fibres lisses (estomac, intestin, vessie) et production de borborygmes.

» 5° Diminution et même abolition des réflexes vasculaires sensitifs et sensoriels.

» 6° La sensibilité du tronc nerveux mixte persiste et augmente; l'animal, qui ne réagit pas à l'irritation des narines par des vapeurs d'ammoniaque et à l'écrasement des orteils, entre en fureur lorsqu'on excite avec un courant faradique faible le tronc du nerf crural.

» 7° Les phénomènes d'arrêt du cœur par faradisation du nerf vague ou du myocarde ne sont pas altérés.

Si la dose injectée est toxique, les battements du cœur restent ralentis, comme si le cœur, n'étant plus impressionné par l'arrivée du sang qui excite physiologiquement ses contractions, se laissait distendre et était frappé, pour ainsi dire, de parésie. De plus, il se produit alors des mouvements spasmodiques, des contractures tétaniques par augmentation de l'excitabilité réflexe neuro-musculaire.

» Afin de décider la question de savoir si la suppression des réflexes sensitifs et sensoriels, c'est-à-dire l'anesthésie périphérique, tient ou non à la constriction vasculaire périphérique, j'ai dû rechercher un agent antagoniste de la cocaïne au point de vue vasculaire.

» J'ai choisi la *pilocarpine* préférablement à l'*ésérine*, à cause de sa toxicité moins grande, et j'ai injecté dans la veine préparée, dès l'apparition de la suppression des réflexes sensoriels et sensitifs, une quantité de nitrate de pilocarpine dissous au moins égale à celle de chlorhydrate de cocaïne déjà employée.

» Quelques minutes après cette seconde injection surajoutée, la pression artérielle diminue, les vaisseaux de l'oreille se dilatent (le phénomène est surtout visible chez le lapin), la pupille se contracte.

» Ce phénomène d'antagonisme vasculaire n'étant pas fugace comme celui que l'on obtient par les inhalations de quelques gouttes de nitrite d'amyle, préconisé par Schilling, on peut à loisir rechercher ce que sont

devenus les phénomènes d'anesthésie périphérique et sensorielle provoqués par l'action de la cocaïne. Ces phénomènes persistent dans toute leur intégrité. La pilocarpine n'est donc l'antagoniste de la cocaïne qu'au point de vue vasculaire et oculo-pupillaire. L'alcaloïde des feuilles de coca possède donc une action anesthésiante spéciale, ainsi que le faisaient supposer les expériences de M. Brown-Séquard.

» Examinons maintenant ce qui se passe du côté sensoriel proprement dit. Cet examen des modifications apportées dans le fonctionnement des organes sensoriels va nous permettre d'expliquer la nature de cette ivresse cocaïnique particulière signalée par Vulpian.

» 1° *Sensibilité générale* ou *algesthésie*. — Nous avons vu qu'elle était complètement abolie.

» 2° *Odorat*. — Ce sens est également inhibé, d'après ce que nous indique la perte des réflexes par irritation des narines.

» 3° *Goût*. — L'impression sur la langue de substances sapides n'est plus perçue.

» 4° *Vue*. — L'animal ne voit plus et, dans ses mouvements de fureur, ne cherche pas à prendre la main placée au ras de son museau.

» 5° *Ouïe*. — Ce sens disparaît en dernier lieu, car les secousses tétaniques, provoquées au début de l'intoxication cocaïnique par un coup frappé sur la table, ne produisent plus d'effet postérieurement.

» L'animal, privé de ses sens, est isolé au milieu de tout ce qui l'entoure, il est comme plongé dans le néant. Cependant, les cris qu'il pousse lorsqu'on excite le nerf crural, les efforts qu'il fait pour s'enfuir, nous montrent que les propriétés encéphalo-médullaires sont intactes et même accrues. On peut donc s'imaginer aisément les épouvantables cauchemars venant alors assaillir le cerveau surexcité de cet animal qui n'est plus en relation avec le monde extérieur. De là, ces attitudes d'hébétement ou de frayeur, d'horripilation intense qui offrent quelquefois un tableau saisissant. D'après tout ceci, la cocaïne inhibe les terminaisons des nerfs sensoriels comme celles des nerfs de sensibilité générale.

» Nous pouvons donc définir l'action de la cocaïne de la façon suivante. La *cocaïne* exalte le fonctionnement du système nerveux grand sympathique; sous son action, les vaisseaux se contractent, ainsi que tous les organes à muscles lisses, tels que l'estomac, l'intestin, la vessie, la capsule oculo-orbitaire, l'iris. La *cocaïne* paralyse les extrémités des nerfs sensoriels et sensitifs. Elle est, au point de vue des terminaisons sensitives des nerfs, ce qu'est le *curare* au point de vue des plaques motrices.

» L'analogie de ces deux substances est plus grande qu'on ne pourrait le croire au premier abord. L'une et l'autre ont une action identique excito-médullaire. L'une et l'autre respectent les fonctions de la continuité du nerf. Ces deux substances ne diffèrent que dans leur action sur les terminaisons nerveuses. Le *curare* paralyse les plexus vaso-constricteurs intra-vasculaires et les plaques motrices terminales des nerfs moteurs. La *cocaïne* excite les plexus vaso-constricteurs intra-vasculaires et les contractions de tous les muscles à fibres lisses; elle inhibe les terminaisons nerveuses des nerfs sensitifs et sensoriels ([1]). »

PHYSIOLOGIE. — *Observations au sujet d'une Note de M.* de Saint-Martin. Note de M. **A. Dastre**, présentée par M. Brown-Séquard.

« Dans un travail présenté récemment à l'Académie (5 décembre 1887, t. CV, p. 1127) M. de Saint-Martin annonce que, contrairement aux assertions de Paul Bert, dans l'anesthésie chloroformique suffisamment prolongée, le sang s'appauvrit en oxygène et se charge d'une plus grande quantité d'acide carbonique. Dans une autre partie, il étudie les variations de l'acide carbonique exhalé.

» Ces résultats ne sont nullement nouveaux, ni surtout contradictoires à ceux de Paul Bert. Ils sont, au contraire, la confirmation pure et simple des faits et des conclusions publiés deux ans auparavant par Paul Bert (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 4 juillet 1885, p. 444), dans un travail beaucoup plus complet que celui de M. de Saint-Martin, car il s'étend à toutes les principales circonstances de l'anesthésie. Pour trouver matière à contradiction, il faut remonter à des expériences antérieures à 1870, incomplètes au dire même de leur auteur, et dont les résultats n'étaient évidemment relatifs qu'au sommeil qui suit de près la période d'agitation. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étiologie de la pneumonie contagieuse des porcs*. Note de MM. **Cornil** et **Chantemesse**, présentée par M. A. Chauveau.

« Il existe depuis plusieurs années en France une maladie du porc, contagieuse au plus haut degré, se terminant par une péripneumonie fibri-

---

([1]) Travail du laboratoire de M. le professeur Rouget au Muséum.

neuse, presque toujours mortelle. Cette maladie a été méconnue; on l'a confondue avec le rouget et on lui a appliqué, sans aucun effet utile, les procédés de vaccination de cette dernière maladie.

» Cette pneumonie contagieuse a fait son apparition, vers la fin de l'année 1883, dans les porcheries des nourrisseurs de Gentilly, qu'elle a peu à peu dépeuplées. Tous les efforts tentés contre elle, et en particulier le vaccin du rouget, ont été infructueux.

» Au début de la maladie, les animaux sont fatigués et restent couchés; en même temps apparaissent la toux et la gêne respiratoire. La fièvre s'élève, l'appétit diminue et l'amaigrissement fait des progrès. La peau du ventre et du flanc présente souvent une teinte rougeâtre qui a fait confondre la maladie avec le rouget; la peau du cou offre des plaques noirâtres dues à l'accumulation de poussières et d'impuretés, au niveau desquelles les poils tombent ou s'arrachent facilement. Les animaux sont couchés, silencieux, et ne poussent de grognements plaintifs que lorsqu'on les déplace. Dès le début, on observe de la diarrhée muqueuse, blanchâtre, fétide, qui tantôt persiste jusqu'à la fin de la maladie, tantôt est remplacée par de la constipation. La durée totale de la maladie varie de vingt à trente jours. Elle se distingue du rouget par sa lenteur, par la prédominance des symptômes pulmonaires et par les caractères des micro-organismes qui la causent.

» Nous avions déjà trouvé, sur les coupes d'un poumon hépatisé mis à notre disposition par M. Mégnin, de petites bactéries, lorsque, au mois de juin de cette année, M. Gourbeyre, nourrisseur à Gentilly, nous pria d'étudier cette pneumonie dont mouraient tous ses animaux. L'immense majorité d'entre eux succombait, mais quelques-uns cependant, après avoir été malades, contractaient l'immunité. La pneumonie avait ravagé depuis plus d'un an les étables de Gentilly, malgré l'isolement des malades et la désinfection des étables avec la poudre de chaux vive. La maladie revenait trois semaines après que les étables étaient de nouveau repeuplées de leurs habitants. La cause première et la plus active de l'infection était le séjour des porcs au marché de la Villette où affluent les animaux de tous les pays. Les conditions de la contagion y sont telles que les animaux sains, conduits au marché, puis ramenés à l'étable, y rapportaient presque invariablement la pneumonie contagieuse. Aussi les nourrisseurs de Gentilly, connaissant le danger, vendent-ils toujours à la boucherie les porcs qui ont passé plusieurs heures au marché de la Villette.

» Sur notre demande, M. Gourbeyre fit abattre un porc malade depuis

quelques jours. Celui-ci présentait dans les deux poumons des noyaux de broncho-pneumonie. Séance tenante, des ensemencements furent faits avec le suc du poumon, du foie, de la rate et du sang. Les semences avec le sang et la rate restèrent stériles. Le poumon et le foie donnèrent des cultures pures dont voici les caractères. La culture ne liquéfie pas la géla-



Microbe de la pneumonie contagieuse des porcs.

tine. Elle donne sur la surface une tache transparente, tantôt épaisse et ramassée et tantôt étalée. Lorsque les colonies sont clairsemées, elles prennent une apparence très élégante, rappelant un ouvrage de ciselure formé de cercles concentriques reliés par de fines dentelles. Sur l'agar, tache laiteuse bordée d'une dentelle; dans le bouillon, pas de caractères particuliers; sur la pomme de terre, culture abondante de couleur grise.

Toutes ces cultures contiennent à l'état de pureté le même microbe. C'est une petite bactérie ovale, ou un bâtonnet terminé par des extrémités ovalaires. Il mesure 1^{μ} à 2^{μ} de longueur, sur $0^{\mu},3$ à $0^{\mu},4$ de diamètre. Il est immobile, aérobie et facultativement anaérobie.

» Avec une culture pure dans du bouillon, nous avons inoculé deux porcs que M. Gourbeyre a mis gracieusement à notre disposition, des lapins, des cobayes, des souris, des pigeons.

» Le 1er juillet 1887, un porc reçut dans le poumon droit $\frac{1}{4}$ de centimètre cube d'une culture récente dans le bouillon, injectée avec la seringue de Pravaz. Le 2 juillet, l'animal paraît manifestement malade, il mange peu, reste couché, la température marque 40°. Les jours suivants, l'animal est pris de diarrhée, il maigrit et la respiration est plus rapide que normalement. Au point d'inoculation, on entend dans le poumon de petits râles crépitants et sous-crépitants qui n'existent pas du côté opposé. La peau se recouvre de plaques noires dues à des impuretés. L'animal succombe le 28 juillet. A l'autopsie, le poumon droit est atteint de broncho-pneumonie généralisée. Le poumon gauche présente quelques lobules hépatisés. Les reins montrent une néphrite intense. L'urine est albumineuse. Le gros intestin est parsemé de tumeurs solides variant du volume d'une petite noix à une lentille. La plupart des ganglions lymphatiques sont tuméfiés. Dans le suc obtenu par le raclage du poumon, des ganglions, des tumeurs intestinales, du foie, de la rate, des reins, dans l'urine, la bile et le sang, on trouve à l'état de pureté le microbe inoculé. Il se montre en abondance dans les matières fécales.

» Les mêmes cultures tuaient en peu de jours les lapins, les cobayes, les souris. Les pigeons se montraient réfractaires. Dans le sang des souris, le microbe pullule abondamment. Il prend ici des dimensions un peu plus grandes et montre un espace clair à son centre, quand il est coloré avec le bleu de méthylène. Il se voit dans le plasma sanguin et dans les globules blancs où l'on découvre parfois cinq ou six bâtonnets ou même plus.

» Les lésions que nous venons de décrire indiquent que la pneumonie contagieuse des porcs est une maladie infectieuse générale, plutôt qu'une affection pulmonaire localisée. La prédominance des symptômes pulmonaires est le résultat du mode d'introduction du virus, qui se fait le plus souvent par la respiration; mais la maladie peut aussi se gagner par la voie digestive ou par une blessure cutanée.

» Cette maladie des porcs nous paraît être de même nature que celle décrite en Allemagne par Lœffler et Schütz sous le nom de *Schweineseuche*

et que celle qu'on a vue l'année dernière en Amérique et que Salmon et Smith ont considérée comme une maladie nouvelle sous la dénomination de *swine-plague*, d'après le rapport de M. Baumgarten.

» Les auteurs allemands ont montré que le bacille ovalaire reproduisait la maladie chez le porc et qu'il était pathogène pour certaines espèces animales. Là s'est borné leur travail.

» Dans la présente Note, nous voulons signaler l'existence en France de cette grave maladie et indiquer son mode de propagation à Paris et dans la banlieue par le marché de la Villette.

» Dans une Communication prochaine, nous ferons connaître les principales propriétés biologiques du virus, ses réactions vis-à-vis des antiseptiques, de l'oxygène et de la chaleur. Nous indiquerons les procédés avec lesquels nous avons produit des virus atténués qui donnent à plusieurs espèces animales l'immunité contre le microbe virulent. »

MÉDECINE. — *Pathologie de l'urticaire hydatique.* Note de M. **Debove**, présentée par M. Bouchard.

« Chez les malades atteints de kyste hydatique, soit à la suite d'une ponction, soit lorsque le kyste s'ouvre spontanément dans le péritoine, il survient fréquemment une éruption d'urticaire: diverses théories ont été émises pour l'expliquer; la plus vraisemblable est celle qui en fait une urticaire toxique; nos expériences démontrent la vérité de cette théorie.

» Par une ponction, faite dans un but thérapeutique, nous avons extrait, chez une malade atteinte de kyste hydatique du foie, 500^{gr} de liquide transparent, non albumineux, contenant des hydatides. Ce liquide étant filtré, nous en avons injecté trois seringues de Pravaz, en trois points différents, sous la peau du ventre de trois sujets qui n'avaient jamais eu d'éruption ortiée :

» Le premier sujet ne présenta rien de particulier.

» Le deuxième sujet eut une éruption ortiée qui fut locale, c'est-à-dire que, dix minutes après l'injection, il présenta trois grandes plaques d'urticaire papuleuse aux points où les injections avaient été faites. La piqûre correspondait au centre de la papule. Cette éruption disparut au bout d'une heure.

» Le troisième sujet eut, comme le deuxième, une éruption locale ; mais,

en outre, il apparut, vingt minutes après l'injection, quatre grandes plaques d'urticaire papuleuse, à la partie postérieure du tronc; elles persistèrent une heure. Six heures plus tard (sans nouvelle injection), il se fit une éruption caractéristique et confluente d'urticaire sur la partie antérieure des bras et des avant-bras.

» Ces expériences nous paraissent démontrer le rôle joué par la résorption du liquide hydatique dans le développement de l'urticaire. Elles montrent encore que tous les individus ne sont pas également susceptibles, puisque le premier sujet n'eut aucun accident.

» Le second sujet eut une urticaire locale. Il est probable que l'absorption du liquide hydatique l'a prédisposé à l'urticaire; mais, ce liquide étant en petite quantité, elle s'est produite seulement au point où est venu se surajouter une cause locale.

» Le troisième sujet a eu deux éruptions, l'une locale, l'autre générale, et cette dernière s'est faite en deux temps. Cette particularité mérite d'être relevée. Chez les malades, en effet, atteints de kystes du foie et ponctionnés, on peut voir apparaître plusieurs éruptions successives; théoriquement, elles sont attribuées à la pénétration de nouvelles quantités de liquide hydatique dans la cavité péritonéale. Il n'en est rien, puisque, dans notre expérience, une seule injection a produit deux poussées éruptives, n'ayant pas le même siége et qui se sont produites à six heures d'intervalle.

» L'ensemble de ces expériences nous paraît démontrer que l'urticaire hydatique est le résultat d'une auto-intoxication et que les divers sujets y sont inégalement prédisposés. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la reproduction expérimentale des trombes.* Note du P. Marc **Dechevrens**, présentée par M. C. Wolf.

« On a reproché aux expériences de M. Colladon, relatives à la giration d'un liquide tenant des poussières en suspension, de ne pas reproduire exactement le phénomène de la trombe qui a sa pointe en bas contre le sol et son sommet béant dans les nuages. Si le dessin que l'on donne généralement de ces expériences est correct, l'objection est obviée.

» Mais on se demande pourquoi le célèbre physicien de Genève a choisi pour exécuter son expérience, pourquoi il propose comme instrument de démonstration, un vase *à fond concave?* N'est-ce pas s'écarter sans raison

de la réalité? Loin d'être concave, la surface de la Terre doit être considérée comme plane, ou tout au moins comme légèrement convexe. Cela n'est pas indifférent, à en juger par les résultats. Si donc l'on veut essayer de reproduire artificiellement une trombe en se servant d'un liquide, prenons tout d'abord un vase circulaire *à fond plat*. C'est ce que j'ai fait à Zi-Ka-Wei, en Chine, dans mes expériences de 1880, dont M. Colladon a dit un mot dans une séance de l'Académie des Sciences au mois de décembre dernier.

» Or, voici ce que j'ai toujours observé dans ces vases à fond plat quand le mouvement de giration était communiqué au liquide à l'aide d'un petit moulinet formé de quatre palettes verticales et installé aux deux tiers de la hauteur du liquide.

» Ayant attendu patiemment que les poussières les plus fines restées en suspension par toute la masse liquide se fussent mises au repos absolu et le fond du vase étant uniformément couvert des particules plus lourdes, je commençais par tourner très lentement le moulinet. Dès le premier mouvement, les poussières placées au milieu et immédiatement au-dessous du moulinet s'ébranlaient et montaient, puis celles qui leur étaient inférieures s'ébranlaient à leur tour et, prenant d'abord la place des premières, s'élevaient ensuite comme elles jusqu'au moulinet qui les rejetait de même vers les bords du vase. Le mouvement d'ascension se communiquait ainsi de proche en proche, de haut en bas, à toutes les couches le long de l'axe jusqu'à ce qu'il atteignît le fond. A ce moment, sur ce fond même, les poussières les plus éloignées de l'axe sortaient du repos, se soulevaient légèrement et roulaient sur le fond en se dirigeant vers le milieu du vase, décrivant manifestement des arcs de spires convergentes. Arrivées au centre même, toujours contre le fond, elles étaient soudainement enlevées avec vivacité et s'élevaient en tourbillonnant. On eût dit qu'elles s'échappaient d'un étroit orifice percé au centre d'un disque qui, précédemment, les recouvrait en les séparant du liquide superposé. Tout en montant, d'abord très vivement, puis lentement, le filet s'élargissait et s'évasait jusqu'à prendre un diamètre égal à celui du moulinet en rotation. Mais, auparavant, les particules trop lourdes sont retombées de côté en gerbes; quant aux plus légères qui continuaient à s'élever, elles se séparaient bientôt en plusieurs filets distincts tourbillonnant autour de l'axe et allant se perdre dans le plan du moulinet qui ne cessait de les rejeter vers les bords du vase, d'où toutes ces particules redescendaient vers le fond pour recommencer de nouvelles circulations. Mais alors elles ne revenaient plus en

masse jusque contre le fond; car, dès que toutes les poussières qui y avaient été primitivement déposées en avaient été enlevées par l'aspiration axiale, la colonne ascendante perdait son gracieux aspect du début : la trombe était finie. On ne voyait plus qu'un tourbillonnement et une circulation générale de la circonférence vers l'axe, en bas, de l'axe vers la circonférence, à la hauteur du moulinet, probablement telle qu'elle doit se réaliser dans les grands mouvements tourbillonnaires de l'atmosphère.

» D'après cette expérience, la durée de la visibilité d'une trombe pourrait dépendre, non plus uniquement de la durée du tourbillon générateur dans la région des nuages, mais surtout de la masse de poussières (trombes de sable) ou de vapeurs (trombes marines) que la giration supérieure, supposée stationnaire, est capable d'enlever de la surface du sol ou dans les plus basses couches de l'air dans un rayon qui varie avec l'intensité du mouvement générateur.

» Dans quelques cas, que je ne pouvais pas reproduire à mon gré, j'ai vu le filet de poussières, qui se détache du fond à angle droit, se conserver tel sans s'évaser sensiblement jusque près du moulinet; il se tordait sur lui-même comme un serpent et présentait bien l'aspect particulier de certaines trombes marines.

» En déplaçant le moulinet, en le promenant dans le liquide, on arrivait à déplacer aussi l'origine inférieure de la trombe ascendante.

» Je crois inutile de dire que la portion du liquide placée au-dessus du plan du moulinet a toujours présenté des mouvements opposés à ceux de la portion inférieure. Mais la surface extérieure se creusait au centre en forme d'entonnoir, et les matières en suspension qui affluaient des bords du vase glissaient en tourbillonnant le long des parois inclinées de cette cavité conique. On avait là la reproduction assez exacte des tourbillons ordinaires des cours d'eau dont il est aisé de voir maintenant tout le mécanisme. Si le fond des rivières est affouillé par ces tourbillons, ce n'est pas la giration supérieure descendante et seule visible qui produit cet effet, mais bien la giration inférieure, ascendante et invisible, incomparablement plus énergique. Dans ces sortes de tourbillons, notre moulinet est remplacé par les girations qui prennent naturellement naissance de toutes les inégalités de vitesse des filets liquides juxtaposés dans cette portion du courant où les mouvements sont les plus libres et la vitesse la plus grande et qui n'est ni tout en bas, ni tout en haut, ni enfin près des bords de la rivière. On aura à la fois un bon exemple de la puissance d'enlèvement vertical de ces tourbillons artificiels et un curieux spectacle

digne d'être reproduit, si l'on superpose deux liquides, du pétrole et de l'eau, et qu'on place le moulinet dans le milieu de l'eau. Le pétrole se gonfle, se soulève en cône, pénètre profondément dans la masse supérieure en tournoyant, se boursoufle, crève le long de ses flancs et lance de toutes parts des globules liquides qui tourbillonnent en montant. L'affouillement des rivières dans les tourbillons liquides, les ravages par arrachement, si souvent constatés dans les trombes et les tornados, sont donc facilement expliqués avec des girations ascendantes.

» Dans les trombes marines, le mouvement se propageant en réalité de haut en bas, la colonne doit *paraître* descendre la pointe en bas, car l'aspiration, qui est la conséquence de la première giration horizontale supérieure, est maximum sur l'axe. On peut expliquer sa visibilité par la condensation, dans un étroit espace qui se sature rapidement, de toutes les vapeurs qui sont entraînées et enfermées de toutes parts dans la colonne ascendante. Elle cesserait d'être visible quand elle aurait pour ainsi parler, comme je l'ai déjà dit, vidé de sa vapeur l'air ambiant; elle paraîtra alors remonter vers les nues, la pointe toujours en bas. La formation de nouvelles quantités de vapeur ou le seul déplacement de la trombe suffira à lui redonner une apparence de nouvelle vie, et la pointe redescendra vers le sol ou la mer. »

M. **Bouquet de la Grye** rappelle, à ce sujet, que, dans les séances du 23 octobre et du 20 novembre 1876, il a montré à l'Académie les figures qui se forment dans des liquides de densités différentes, superposés, et animés d'un mouvement de rotation. Il a indiqué également quelles étaient les conséquences de la formation des tourbillons dans les parties concaves des fleuves.

COSMOLOGIE. — *Sur l'évolution sidérale*. Note de M. **Ch.-V. Zenger.**

« La Note que M. Lockyer a présentée à l'Académie, le 21 novembre dernier, confirme les vues sur la Cosmogénie que j'ai exposées dans les publications dont les titres suivent :

» 16 *avril* 1883. — La périodicité des comètes.
» 27 *août* 1883. — Études astrophotographiques, I.

» 8 *septembre* 1883. — Études astrophotographiques, II.

» *Novembre* 1887. — The Observatory : the periods of planets.

» 21 *avril* 1884. — La Mission du cap Horn 1882-83 et la périodicité des oscillations barométriques.

» 19 *mai* 1884. — Résumé des observations héliophotographiques faites à Prague, au mois de mai 1884.

» 27 *avril* 1886. — L'héliophotographie et la perturbation magnétique du 30 mars 1886.

» 16 *octobre* 1886. — Les principaux essaims périodiques d'étoiles filantes et les aurores boréales.

» 13 *décembre* 1886. — Le föhn et son origine cosmique.

» 20 *décembre* 1886. — Les essaims périodiques d'étoiles filantes et les mouvements séismiques des années 1883, 1884 et 1885.

» 4 *avril* 1887. — Le parallélisme des phénomènes séismiques, en février 1887, et des perturbations atmosphériques électriques et magnétiques et des éruptions volcaniques.

» La météorologie du Soleil et du système solaire, 1885, présentée le 31 mai 1887 à l'Académie.

» 31 *mai* 1887. — La période solaire, les essaims périodiques d'étoiles filantes et les perturbations magnétiques observées en Russie en 1878, en France en 1885, et le 16 juin 1887.

» 5 *septembre* 1887. — Les météorites et la production des incendies.

» J'ai donné dans cette série de Notes et dans mon Ouvrage *Sur la Météorologie du Soleil et du système solaire* le résumé de mes observations héliophotographiques, ainsi que de la découverte de la loi générale des mouvements atmosphériques et séismiques des planètes, causés par le Soleil et liés à la périodicité de la durée des semi-rotations solaires, loi confirmée par l'étude de l'activité du Soleil et des orages magnétiques en 1885-1886, que M. Marchand a présentée le 10 janvier 1887 à l'Académie.

» C'est dans mon Ouvrage *La météorologie du Soleil et du système solaire* que j'ai développé mes vues sur l'origine du monde et sur les chocs des masses météoriques contre les agglomérations de ces masses, qui constituent les nébuleuses et la nébuleuse qui forme notre système solaire.

» J'ai expliqué par ces chocs de météorites la formation des anneaux de Saturne et de l'anneau produit autour de la Terre par l'éruption du Krakatoa, en 1883.

» Dans le Chapitre VIII, sur la météorologie du Soleil et les perturbations endogènes du Soleil, j'explique les taches solaires, leur périodicité par l'action des essaims périodiques d'étoiles filantes; dans ce même Cha-

pitre et dans les *Comptes rendus*, j'ai énoncé le premier l'hypothèse de la formation des comètes par l'entrée d'étoiles filantes dans la couronne solaire, causant des mouvements tourbillonnaires par des décharges électriques de potentiels énormes dans le Soleil et l'essaim, produisant ainsi la condensation du noyau et la queue par les actions électriques et la chaleur énorme du choc.

» Dans le Chapitre IX, j'explique la genèse des comètes et leur destruction, accompagnée de formation de nouveaux essaims de météorites. Je donne le mode de formation des anneaux de Saturne et, par analogie, des planètes dans la nébuleuse originale du système solaire par l'entrée de masses météoriques en mouvement rapide dans cette nébuleuse. J'ai remarqué que des planétoïdes sont peut-être encore en formation et que la lumière zodiacale n'est autre chose que le reste de masses qui ont formé en principe la nébuleuse d'où proviennent le Soleil, les planètes, les comètes et les planétoïdes.

» J'ose espérer que l'Académie, tout en reconnaissant l'importance des assertions fondées sur les recherches spectroscopiques de M. Norman Lockyer, n'oubliera pas que j'ai le premier exposé ces vues, qui trouvent maintenant leur confirmation dans les travaux de M. Janssen. J'ai basé ces considérations sur le résumé d'observations journalières exécutées pendant douze années, de 1875 à 1887, par la méthode héliophotographique, dont j'ai décrit les procédés photographiques et montré les résultats au Congrès international météorologique de Paris en 1878, de Rome en 1879, et publié les détails dans les *Annales du Bureau central météorologique* de 1880, sur l'invitation du Congrès de Rome de 1879. »

COSMOLOGIE. — *Chute le 25 octobre 1887, à Than-Duc, d'une météorite qui paraît avoir disparu à la suite d'un ricochet.* Note de M. **Delauney**, présentée par M. Daubrée.

« Le 25 octobre 1887, vers 8h du soir, un bolide est vu de Tay-Ninh; on l'aperçoit aussi de Saïgon. Il semble se mouvoir de l'ouest à l'est.

» Ce bolide a l'aspect d'un globe d'un diamètre un peu supérieur à la moitié de celui de la Lune dans son plein. Sa couleur est vive, blanche, un peu violacée. Il présente une longue traînée d'étincelles, qui subsiste à peu près trente secondes.

» Quelques jours après, l'administrateur de Tay-Ninh reçoit du chef de canton de Treiem-Hoa une Lettre, dont voici la traduction littérale :

« MONSIEUR L'ADMINISTRATEUR,

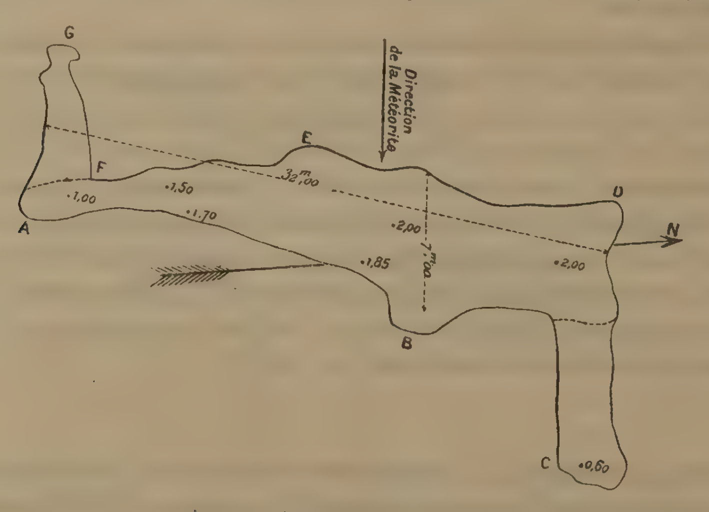
» J'ai l'honneur de vous faire connaître que, dans le village de Than-Duc (¹), le 9 du neuvième mois annamite (²), un animal inconnu s'est contraint dans un endroit. Ce jour-là, il y a eu de la pluie et des coups de tonnerre. Cet animal s'en est allé au ciel. La terre s'est éboulée sur une longueur de 20^m français, 5^m de largeur et 4^m de profondeur. C'est pourquoi je dois vous informer de cela.

« Signé : HUYNH-VAN NHU. »

» La comparaison des heures, la direction du mouvement amènent à rapprocher le bolide du 25 octobre des vestiges observés à Than-Duc.

» Le 3 novembre, nous nous étions rendu au point de chute de la mé-

Empreinte produite par la météorite de Than-Duc, arrondissement de Tayninh (Cochinchine).
25 octobre 1887.



Échelle $\frac{1}{4000}$, soit de 5^{mm} pour 2^m.

Nota. — Les chiffres intérieurs indiquent en divers points la profondeur de l'empreinte.

téorite. C'est un vaste trou d'environ 32^m de longueur, 6^m de largeur et d'une profondeur maxima de 2^m. En voici le dessin, exécuté d'après les mesures prises par M. le Dr Baurac, médecin de la Marine.

» La météorite a touché dans une rizière, près d'un petit ruisseau qui

(¹) A 23^{km} dans le sud de Tay-Ninh.
(²) 25 octobre 1887.

sert de limite aux villages de Than-Duc et de Hiep-Hoa. Le sol consiste en une tourbe très humide, mélangée de nombreuses racines qui en font une terre non coulante. Pour creuser un trou dans un tel terrain, le plus simple est de se servir d'un sabre, à l'aide duquel on taille des tranches verticales. Les racines étant sectionnées, la terre peut alors s'enlever rapidement. Un trou produit dans ce terrain ne peut se reboucher naturellement.

» L'empreinte présente la forme d'une poire allongée munie de deux oreilles. Du côté ABC, la terre semble avoir subi une forte poussée; on remarque des déchirements et des dénivellations, surtout dans l'angle compris entre B et C; de la terre a été projetée au delà de C dans la direction DC. La météorite semble être venue de GFED, allant vers ABC; sa direction était donc de l'ouest à l'est, ce qui est d'accord avec les déclarations des personnes qui l'ont vue se mouvoir dans l'espace.

» Impossible de retrouver la météorite, ni dans la terre, ni dans le voisinage. Il est clair que, si ce corps s'est enfoncé dans le sol, on doit retrouver la trace de son passage, qui n'a pu se combler, vu la nature du terrain. Rien. Le fond de l'empreinte est une surface unie, partout également résistante.

» On est donc conduit à cette conclusion :

» *La météorite a ricoché*. C'est, du reste, ce que le chef de canton a exprimé en disant : *Cet animal s'en est allé au ciel*.

» Le ricochet est établi aussi par les dépositions des Annamites, entre autres le nommé Lam, du village de Hiep-Hoa, et le maire de Phuoc-Trach, qui disent avoir entendu un grand bruit, suivi d'une longue série de soufflements allant en mourant. MM. Bouvret, garde d'artillerie et Baurac, médecin de la marine, qui tous deux étaient à 23^{km} de Than-Duc, ont entendu, le premier, comme un grand coup de fouet, le second une série de grondements.

» Ce grand bruit, ce coup de fouet, s'est produit sans doute quand la météorite a touché le sol; les grondements, les ronflements ont eu lieu par suite du mouvement anormal qui a suivi le ricochet. Les artilleurs, habitués à observer les points de chute des gros projectiles, ne peuvent conserver de doute à ce sujet. Ils savent que ce sont bien là les deux bruits que fournissent les ricochets, alors qu'un projectile qui s'enfonce en terre ne produit qu'un bruit sourd [1].

---

[1] On peut voir, à ce sujet, un article que nous avons publié, en 1876, dans la *Revue maritime et coloniale*, article intitulé : *Particularités balistiques*. La question des ricochets et des empreintes des projectiles s'y trouve traitée.

» L'empreinte que la météorite a laissée sur le sol indique sa forme. C'est une poire allongée, qui s'est présentée suivant sa longueur, l'extrémité effilée plus basse que l'autre. La partie effilée aurait d'abord raclé le sol et produit l'oreille GF. La résistance qui en est résultée aurait eu pour effet de faire pivoter l'axe de la météorite; celle-ci s'est alors appliquée en plein sur le sol produisant la longue empreinte ABDEF. Puis cette météorite serait repartie aussitôt en raclant sur le sol par son extrémité renflée et produisant l'oreille C.

» Aussi l'empreinte débarrassée des deux oreilles indiquerait non seulement la forme de la météorite, mais ses dimensions d'une manière approximative, dimensions qui seraient bien supérieures à celles de toutes les météorites connues.

» Grâce à MM. Basset, secrétaire d'arrondissement, et Bouvret, garde d'Artillerie, qui ont observé la météorite dans des stations éloignées de 5^{km} l'une de l'autre et à 23^{km} du point de chute, nous avons cherché à calculer l'inclinaison et la vitesse de ce corps. Ces observations paraissent revêtir un assez grand caractère d'exactitude à cause des conditions favorables dans lesquelles elles ont été faites. M. Basset était à table et a aperçu le globe de feu à travers l'ouverture d'une porte; M. Bouvret était à l'affût dans un endroit élevé. Nous trouvons que la météorite serait venue toucher le sol sous une inclinaison de 10° avec une vitesse très considérable [1].

» D'après l'empreinte, la météorite n'a fait qu'effleurer le sol; il est vraisemblable qu'elle n'a perdu dans le choc qu'une faible partie de sa force vive. Elle a donc dû rebondir avec une grande vitesse. L'empreinte me fait en outre supposer qu'elle a ricoché sous un angle voisin de 34°. S'il en est ainsi et si l'on fait abstraction de la résistance de l'air, on trouve qu'elle a dû fournir un ricochet dirigé de l'ouest à l'est et d'une amplitude telle que le projectile doit être retombé dans la mer de Chine.

» Cette époque-ci semble, pour la Cochinchine, fertile en apparition de météores.

» Un mois auparavant, le 22 septembre, une météorite à peu près sphérique de $0^{m},10$ de diamètre, est tombée au village de Phu-Long (canton de Binh-Chanh). Ce corps appartient à la classe des sporadosidères; la cassure présente des petits grains métalliques.

» Peu de jours après la chute de Than-Duc, le 29 octobre 1887, on a

---

(1) M. Bouvret a vu l'aérolithe s'éteindre au moment où il arrivait dans le plan de l'horizon; il a constaté une sorte de crochet au moment de l'extinction.

encore observé de Tay-Ninh un bolide un peu moins gros que celui du 25 et suivant une orbite semblable. »

M. **J. Vinot** annonce que, le 12 décembre dernier, à Meximieux (Ain) de $4^h 30^m$ à $5^h 30^m$ du matin, un de ses correspondants, M. Philippe, a vu une remarquable pluie d'étoiles filantes : le ciel n'a pas cessé d'en être sillonné. A 5^h, un météore plus brillant que les autres a laissé une traînée lumineuse. Il a paru à l'ouest, à environ 45° de hauteur, se dirigeant horizontalement vers le nord.

Un **Auteur**, dont la signature est illisible, appelle l'attention sur une cause de la présence du furfurol ou d'un produit qui donne sa réaction, dans les vins ou eaux-de-vie. (Extrait.)

« Une pratique très répandue dans les pays vinicoles consiste à carboniser l'intérieur des tonneaux neufs destinés à loger les vins, soit pour les conserver, soit pour les distiller. Pendant la carbonisation, il se produit du furfurol dont une partie notable passe ensuite dans le liquide dont on remplit le fût. »

M. **Ch. Degagny** adresse une Note ayant pour titre : « De la diffusion des matières protoplasmiques produites dans le noyau cellulaire et des phénomènes moléculaires qui l'accompagnent ».

La séance est levée à 5 heures. J. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 19 décembre 1887.

Quinzième Bulletin météorologique du département des Pyrénées-Orientales, publié sous les auspices du département et de la ville de Perpignan, par le Dr Fines; année 1886. Perpignan, Charles Latrobe, 1887; br. in-4°. (Présenté par M. Mascart.)

Études sur le terrain houiller de Commentry; I[re] Partie : *Lithologie et Stratigraphie; par* M. Henri Fayol (*Bulletin de la Société de l'industrie minérale*, 2[e] série, T. XV, 3[e] et 4[e] livraisons, 1886). Saint-Étienne, au siège de la Société, 1887; 1 vol. in-8° et un Atlas.

Francisque Fontannes (1839-1886). *Notice nécrologique; par* H. Douvillé (Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*). Paris, Émile Colin, 1887; br. in-8°.

Dictionnaire d'Électricité et de Magnétisme; par E. Jacquez. Paris, C. Klincksieck, 1887; in-8°.

Traité d'Analyse chimique par la méthode des liqueurs titrées; par F. Mohr. Traduit de l'allemand par le D[r] L. Gautier. Paris, F. Savy, 1888; 1 vol. gr. in-8°.

Études expérimentales et cliniques sur la tuberculose, publiées sous la direction de M. le Professeur Verneuil; 2[e] fasc. Paris, G. Masson, 1888; 1 vol. in-8°.

Aw.-S. Ursini-Scuderi. *Il fattore personale della specie umana proposto a nuovo organo delle discipline filosofico-giuridico-sociali secondo il comun consenso degli scienziati. Saggio critico di antropologia sociologica come propedentica alla scienza del diritto.* Catania, Francesco Martinez, 1887; 2 vol. pet. in-4°.

La pellagra ed i forni rurali per prevenirla, di Giuseppe Manzini. Udine, 1887; 1 vol. in-12.

Monismo o nichilismo. Proposta di una riforma scientifica da servire di base alla riforma sociale; per Felice Maltese. Vittoria (Sicilia), Velardi e figlio, 1887; 2 vol. in-12.

I terremoti; ricerche sulle cause che li producono del P. G. M. Sanna Solaro. Prato, Giachetti, figlio e C[a], 1887; br. in8°. (Présenté par M. Mascart.)

A. Ricco. *Osservazioni e studii dei crepuscoli rosei,* 1883-1886. Roma, Metastasio, 1887; 1 vol. in-f°.

Osservazioni di stelle cadenti fatte dai membri dell' Associazione meteorica italiana durante l'anno 1871. Milano, 1885; br. in-f°.

Revista argentina de Ciencias médicas. Director, D[r] Pedro Lagleyze, enero de 1887; n[os] 1 à 6; 6 br. in-8°.

The nautical Almanac and astronomical Ephemeris for the year 1891, *for the meridian of the royal observatory at Greenwich.* London; 1 vol. in-8°.

The quarterly Journal of the geological Society; Vol. XLIII, Part 4, november 1, 1887; n° 172. London, Longmans, Green and C°; 1 vol. in-8°.

American chemical Journal, edited by Ira Remsen. Vol. IX, n° 6, novembre 1887. Baltimore; br. in-8°.

Proceedings of the Academy of natural Sciences of Philadelphia. Part II, april-august 1887. Philadelphia, 1887; 1 vol. in-8°.

Circulars of information of the bureau of education; n° 1, 1887. Washington, Government printing Office, 1887; br. in-8°. (Deux exemplaires.)

The study of History in american Colleges and Universities; by Herbert B. Adams, Ph. D. Washington, Government printing Office, 1887; 1 vol. in-8°. (Deux exemplaires.)

Gedächtnissrede auf Carl Theodor v. Siebold; *von* Richard Hertwig. München, 1886; br. in-4°.

Gedächtnissrede auf Joseph von Fraunhofer; *von* Carl Max v. Bauernfeind. München, 1887; br. in-4°.

Abhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften. München, 1886-1887; 2 vol. in-f°.

ERRATA.

(Séance du 28 novembre 1887.)

Note de M. *Bourgeois*, sur la reproduction par voie humide de la célestine et de l'anglésite.

Page 1072, ligne 22, *au lieu de* $h^2 a^2 e^1$, *lisez* $h^1 a^2 e^1$.